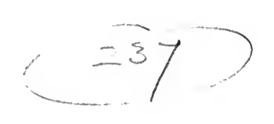
image
not
available


=37



MÉMOIRES

DE

L'INSTITUT NATIONAL GENEVOIS.

MÉMOIRES

DE

L'INSTITUT NATIONAL GENEVOIS.

TOME TROISIÈME.

ANNÉE 1855.



GENÈVE,

CHEZ KESSMANN, ÉDITEUR, LIBRAIRE DE L'INSTITUT GENEVOIS, RUE DU RHONE, 171,

ET CHEZ LES PRINCIPAUX LIBRAIRES DE LA SUISSE ET DE L'ÉTRANGER.

1856



EXTRAIT

DU RÈGLEMENT GÉNÉRAL DE L'INSTITUT NATIONAL GENEVOIS.

« ART. 33. L'Institut publie un ***Bulletin*** et des ***Mémoires***.

» ART. 34. Le Bulletin paraît à des époques indéterminées qui n'excèdent cependant pas trois mois : les Mémoires formeront chaque année un volume.

» ART. 35. Ces publications sont signées par le Secrétaire général.

» ART. 36. Le Bulletin renferme le sommaire des travaux intérieurs des cinq Sections. La publication en est confiée au Secrétaire général, qui le rédige avec la coopération des Secrétaires de chaque section.

» ART. 37. Les Mémoires *in-extenso*, destinés au Recueil annuel, sont fournis par les sections.

» ART. 38. Les Mémoires des trois catégories de membres de l'Institut (effectifs, honoraires, correspondants) sont admis dans le Recueil.

» ART. 39. A ce Recueil pourront être jointes les gravures, lithographies, morceaux de musique, etc., dont la publication aura été approuvée par la Section des Beaux-Arts.

» ART. 40. Le Recueil des Mémoires sera classé en séries correspondantes aux cinq Sections de l'Institut, de manière à pouvoir être détachées, et au besoin être acquises séparément.

» ART. 41. La publication du Recueil des Mémoires est confiée au Comité de gestion. »

Le Secrétaire général de l'Institut National Genevois,
H.-E. GAULLIEUR, professeur.

BUREAUX DE L'INSTITUT NATIONAL GENEVOIS.

PRÉSIDENT DE L'INSTITUT, M. James FAZY.
Secrétaire général, M. E.-H. GAULLIEUR, professeur d'histoire à l'Académie de Genève.

Section des Sciences naturelles et mathématiques : Président, M. le professeur Ch. VOGT. — Vice-Président, M. Elie RITTER, docteur ès-sciences. — Secrétaire, M. MOULINIÉ fils.

Section des Sciences morales et politiques, d'Archéologie et d'Histoire : Président, M. James FAZY. — Vice-Président, M. MASSÉ, président du Tribunal criminel. — Secrétaire, M. GAULLIEUR, professeur. — Vice-Secrétaire, M. GRIVEL, archiviste.

Section de Littérature : Président, M. Jules VUY, avocat. — Vice-Président, M. CHERBULIEZ-BOURRIT, professeur. — Secrétaire, M. Fréd. AMIEL, idem. — Vice-Secrétaire, M. André OLTRAMARE.

Section des Beaux-Arts : Président, M. Franç. DIDAY. — Secrétaire, M. Franç. GRAST.

Section d'Industrie et d'Agriculture : Président, M. Marc VIRIDET. — Secrétaire, M. OLIVET fils, docteur en médecine. — Secrétaire adjoint, M. BOUFFIER aîné. — Trésorier, M. Hugues DARIER.

RECHERCHES

SUR

QUELQUES LOCALITÉS DU BAS-VALLAIS

ET DES BORDS DU LÉMAN

AUX PREMIERS SIÈCLES DE NOTRE ÈRE

ET EN PARTICULIER SUR

L'ÉBOULEMENT DE TAUREDUNUM EN 563,

Par M. Fréd. de Gingins-La-Sarra,

PRÉSIDENT HONORAIRE DE LA SOCIÉTÉ D'HISTOIRE DE LA SUISSE ROMANDE ET CORRESPONDANT DE L'INSTITUT GENEVOIS.

AVEC UNE CARTE TOPOGRAPHIQUE.

RECHERCHES

SUR

QUELQUES LOCALITÉS DU BAS-VALLAIS

ET DES BORDS DU LÉMAN

AUX PREMIERS SIÈCLES DE NOTRE ÈRE

ET EN PARTICULIER SUR

L'ÉBOULEMENT DE TAUREDUNUM EN 563.

PREMIÈRE PARTIE.

La vallée du Rhône présente çà et là, dans toute sa longueur, des marques plus ou moins évidentes de chutes de montagnes, de débordements de torrents et de secousses de tremblements de terre. Ces accidents se sont produits dans tous les temps, en différents endroits et dans des circonstances très-diverses. Certaines localités offrent même des traces de plusieurs éboulements qui, partis du même groupe de montagnes, se sont produits à des intervalles plus ou moins longs [1].

Parmi les catastrophes de ce genre arrivées en Vallais, aucune peut-être n'a eu un plus grand retentissement dans l'histoire que la chute du mont *Tauretunum*, qui, suivant la chronique de Marius, évêque d'Avenches, eut lieu en 563, et causa des dommages incalculables sur les bords du Rhône et sur les deux rives du Léman [2]. La tradition est unanime sur ce point dans le Bas-Vallais, qu'une grande

[1] Voy. *Ph. Bridel*, Statistique du Vallais (Zurich, 1820), p. 22-25.

[2] *Marius* Chron. hoc ann. (*Mém. et Doc. de la Suisse Rom.*), t. XIII, p. 38.

montagne s'écroula autrefois, et qu'elle écrasa dans sa chute un fort (*castrum*) et un bourg (*vicus*), situés dans le voisinage de Saint-Maurice [1]. Néanmoins l'endroit où cette montagne était située a donné lieu à diverses opinions, dont quelques-unes sont en opposition avec la tradition et ne s'accordent guère avec les récits des écrivains contemporains de l'événement, tels que Marius et Grégoire de Tours.

Sans parler des hypothèses inadmissibles qui placent au-dessous de Genève, vers la perte du Rhône, la montagne écroulée en 563 [2], on a cherché *Tauretunum* sous les décombres de chaque massif du bassin du Léman et du Rhône qui offrait quelques traces d'un éboulement ancien et plus ou moins considérable. Ainsi on a cru retrouver le fort en question sous la *Dent d'Oche*, près d'Évian, en Savoie [3]; à *la Rochia*, entre le Boveret et la porte du Scex, et, enfin, entre Vouvry et Colombey [4]. Nous ne discuterons pas ces différentes hypothèses, ne prétendant nullement contester la réalité des éboulements qui ont été observés dans ces divers endroits. Nous nous proposons uniquement d'examiner ici si l'opinion qui avait prévalu jusque dans ces derniers temps, suivant laquelle la chute du mont *Tauretunum* aurait eu lieu dans le défilé de Saint-Maurice, est, à tout prendre, la plus conforme aux récits de Marius et de Grégoire de Tours, ou si, au contraire, il existe des motifs suffisants pour rejeter cette opinion *ancienne* et pour en adopter une nouvelle.

Après avoir scrupuleusement étudié les textes de ces auteurs primitifs qui s'accordent entièrement pour le fond, nous chercherons à nous rendre compte des effets de la catastrophe de l'an 563, en les comparant avec ceux qui ont accompagné l'éboulement de plusieurs quartiers de la Dent du Midi dans des temps beaucoup plus rapprochés du nôtre. Enfin, pour ne rien omettre de ce qui pourrait jeter quelque lumière sur une question aussi compliquée et aussi obscure que celle de la chute du mont *Tauretunum*, nous essaierons de tracer un tableau de l'état des lieux, avant et après cette chute, au moyen des renseignements que l'histoire du Vallais pourra nous offrir.

Voici la traduction littérale du récit de Marius : « Sous le vingt-deuxième con-

[1] *Ph. Bridel*, Conservateur Suisse. t. VII, p. 191.
[2] *Labbe*, Concil., t. IV.
[3] Voy. la carte de la Suisse de *Keller*, et *Reichard*, Orbis Terrarum antiquus (1824). Tab. IX.
[4] *Levade*, Dict. du Canton de Vaud, p. 304.

« sulat de Basile, Indict. XI (qui répond à l'an 563), la grande montagne de « *Tauretunum*, dans le territoire du *Vallais*, tomba si subitement qu'elle couvrit « un château dont elle était voisine, et des villages avec tous leurs habitants, etc. »

Dans cette première partie de son narré, Marius nous dit positivement que le mont *Tauretunensis* était situé *en Vallais, in territorio Vallensi*, ce qui exclut toutes les hypothèses qui tendraient à placer le lieu du sinistre en dehors de la vallée du Rhône [1]. Il ajoute que le mont qui s'écroula en 563 était une grande montagne (*validus mons*), expression comparative qui empêche de la rapporter, d'un côté, à la grande chaîne des *Hautes-Alpes* qui s'étendent de Martigny à Brig [2], et, de l'autre, à la chaîne des montagnes *basses* qui entourent la plaine du Rhône depuis le pont de Saint-Maurice au lac Léman. Il semble donc que Marius a eu en vue une montagne de la chaîne intermédiaire qui se prolonge de Saint-Maurice à Martigny. Si notre raisonnement est juste, comme nous le croyons, le cercle de nos recherches se trouverait nécessairement circonscrit dans les bornes que la tradition lui assigne, c'est-à-dire dans le défilé de Saint-Maurice.

Marius nous apprend en outre que, dans sa chute, la montagne écrasa un château fort (*castrum*) et plusieurs bourgs ou villages (*vici*) qui existaient auparavant à l'endroit où l'éboulement eut lieu, et il remarque que cet éboulement fut si subit, que les habitants n'eurent pas le temps de s'enfuir. A la vérité aucun auteur antérieur à notre évêque d'Avenche et à Grégoire de Tours ne parle d'un château fort ou d'un bourg appelé *Tauretunum* suivant le premier, et *Tauredunum* suivant le second. Par contre, l'histoire de la fondation du célèbre monastère d'Agaune (années 515–517) suppose qu'il existait alors un ou plusieurs établissements importants dans le voisinage de Saint-Maurice, ainsi qu'on le fera voir tout à l'heure. Nous passons maintenant au récit de Grégoire de Tours : « En Gaule, un grand « prodige eut lieu au fort de *Tauredunum*, situé sur une montagne qui domine le

[1] Nous ferons remarquer que *Marius* semble dire lui-même ce qu'il faut entendre par *territorium Vallense* au sixième siècle. En parlant de l'irruption des Lombards de l'an 574 (*l. c.* p. 40), il se sert du mot *Vallis* comme équivalent de l'expression ci-dessus. Le mot *territorium* doit donc être pris ici dans un sens purement *topographique* et non *diocésain*. Si *Marius* avait entendu parler du *diocèse*, il aurait dit *in territorio Octodurensi* ou *Sedunensi*. Nous concluons de là que Marius place *Tauretunum* au-dessus de Saint-Maurice où commence le Vallais proprement dit.

[2] *Alpes Pennines* des géographes.

« Rhône.... cette montagne se détachant et se séparant d'une autre montagne « contiguë.... se précipita dans le fleuve, et, lui barrant le passage entre ses rives « qu'elle obstruait, refoula ses eaux en arrière; car en cet endroit, le terrain, fermé « de part et d'autre par des montagnes, ne laisse qu'un étroit défilé par où s'é- « chappe le torrent, etc. [1] »

Nous ferons observer d'abord que Grégoire de Tours applique le nom de *Tauredunum* au fort lui-même, bâti sur un pan de la montagne qui se détacha du massif auquel ce pan était adossé, tandis que l'adjectif *Tauretunensis*, employé par Marius, pourrait se rapporter aussi bien à la montagne éboulée qu'au castel qu'elle couvrit de ses décombres. Cette différence n'est d'aucune importance, non plus que celle qu'on remarque dans l'ortographe du nom du fort en question [2]. Il est, du reste, généralement admis comme une chose incontestable que ces deux célèbres écrivains ont eu en vue la même catastrophe rapportée par Marius sous l'an 563, quoique Grégoire de Tours n'ait spécifié aucune date dans son récit [3].

On objectera, peut-être, que ce dernier dit positivement que la montagne tomba dans le Rhône dont elle obstrua le courant [4], tandis que, selon Marius, il semblerait qu'elle tomba dans le lac. Mais nous ferons remarquer que Marius distingue les châteaux et les bourgades qui furent écrasés par la chute subite de la montagne, des villages ruinés par l'effet subséquent du débordement des eaux du Léman [5], d'où il suivrait implicitement que la montagne ne tomba pas directement dans le lac. Le récit de Marius suppose donc deux phases distinctes, séparées l'une de l'autre par une troisième phase intermédiaire, omise par Marius et rappelée par Grégoire de Tours, à savoir, la débâcle du Rhône se précipitant vers le lac, après

[1] *Gregor. Turon.* Hist. Francor. lib. IV, cap. 31 (édit. de Paris, 1837), t. II, p. 83. Dans la trad. franç. de *Guadet* et *Taranne*. — Voir aussi les *Mém. et Doc. de la Suisse Rom.*, t. XIII, p. 45.

[2] Voir l'Appendice.

[3] *Sigebert* du Gembloux, auteur d'une Chronique universelle qui se termine en 1111, met cet éboulement sous l'an 562.

« In Gallia mons super Rhodanum fluvium.... ab alio monte sibi vicino discissus, cum Ecclesiis et domibus, hominibus et bestiis, in Rhodanum præcipitatus est. »

(*Pertz.* Mon. Germ. Script. t. VI, p. 318)

[4] « Mons ille..... in fluvium ruit, exclusoque amni... » (*Gregor. Turon.* l. c.)

[5] *Marius Chron.* l. c. « Mons validus Tauretunensis ita subito ruit, ut *castrum* cui vicinus erat, et *vicos* oppressisset, et lacum ita totum movit, ut egressus utraque ripa, vicos antiquissimos.... vastasset. »

que le fleuve eut forcé le barrage formé par l'éboulement de la montagne. Voici comment l'évêque de Tours parle de cette débâcle : « Alors le fleuve (arrêté dans « son écoulement), inondant la partie supérieure de son cours [1], couvrit et dévasta « tout ce qui était sur ses rives. Puis cette masse d'eau accumulée se précipitant « dans la partie inférieure (c'est-à-dire *dans la plaine du Rhône*), surprit les habi- « tants comme il avait fait plus haut (c'est-à-dire au-dessus du barrage), les tua, « renversa les maisons, etc. [2] » Nous parlerons tout à l'heure de ce qui touche au lac Léman et au débordement de ses rives ; en attendant il reste à examiner quelle portion de la vallée du Rhône, Grégoire de Tours paraît avoir eu en vue en parlant du fort de *Tauredunum* et de la montagne qui l'ensevelit sous ses décombres. Il nous dit expressément que « ce fort était situé sur une montagne qui do- « mine le Rhône dans un étroit défilé par où s'échappe le fleuve. » Et plus loin, comme pour confirmer et mieux préciser l'aspect tout particulier de la localité dont il avait parlé plus haut (*ut diximus*), il ajoute que « le Rhône, à cet endroit, « coule resserré entre deux montagnes (*inter angustias montium defluit*), et qu'ar- « rêté dans son cours (*cum fuit exclusus*) il ne trouva ni à droite, ni à gauche de « l'espace pour écouler ses eaux (*nec habuit in latere, quo se diverteret*). Puis quand « il eut une fois débordé par-dessus les débris de la montagne abattue, il submer- « gea tout le pays [3]. » Ainsi, suivant l'historien des Francs, l'éboulement et le barrage du Rhône eurent lieu dans une gorge où le fleuve est encaissé entre deux montagnes, et la débâcle, partant de cette gorge étroite, inonda et dévasta une assez grande étendue de pays avant d'atteindre les bords du lac [4].

Le voyageur qui, ayant présent à l'esprit le récit de Grégoire de Tours [5], remontera la grande vallée du Rhône, en suivant depuis Genève la nouvelle route du Simplon, restera convaincu que l'éboulement prodigieux (*magnum prodigium*)

[1] « Inundans superiorem partem » (l. c.) — M. *Bridel* (l. c. t. VII, p. 189) traduit ce passage comme suit : « et inondant la plage supérieure qui bordait le rivage, etc., » traduction inexacte qui ferait supposer qu'il s'agit de la plage du lac, ou de la plaine de Villeneuve, tandis que Grégoire de Tours parle évidemment des bords du Rhône.

[2] *Greg. Turon.* l. c.

[3] *Greg. Turon.* l. c.

[4] Si la chute de la montagne et le barrage du Rhône avaient eu lieu à une petite distance des rives du lac, le récit de Grégoire de Tours deviendrait absolument inintelligible.

[5] *Grég. Turon.* Hist. Franc. lib. IV, cap. 31 (Edit. *Guadet*, Paris, 1837, t. II, p. 84, 86).

dont cet historien retrace les suites désastreuses, a dû se produire dans les défilés de Saint-Maurice « où la gorge, traversée par le Rhône, est tellement étroite et resserrée entre les montagnes qui s'élèvent sur l'un et l'autre bord, qu'elles ne laissent entre elles que l'espace par où le fleuve s'échappe en bouillonnant [1]. » Ces deux montagnes opposées, qui semblent fermer l'entrée du Vallais [2], sont, d'un côté, le massif ruineux que couronne la gigantesque *Dent du Midi*, et, de l'autre, la *Dent de Morcles*, dont les parois élevées se dressent sur la rive droite. La nouvelle route du Simplon suit la rive gauche ou occidentale à partir du pont de Saint-Maurice et côtoie le pied de la Dent du Midi [3]. Après avoir traversé la petite plaine de *Véroliez* [4], où s'élevait naguère une chapelle dédiée aux martyrs de la légion thébéenne, à un quart de lieue au delà de Saint-Maurice, on découvre tout à coup, à la droite de la route, un vaste théâtre de ruines qui annonce une de ces grandes catastrophes dont les vallées des Alpes ont, dans tous les temps, présenté des exemples fréquents. Les traces de plusieurs grands éboulements anciens et modernes de la partie du massif de la Dent du Midi, appelée le *Mont Jorat* par les gens du pays, sont particulièrement visibles au *Bois noir*, sur le territoire d'*Epenacey* (*sylva Spinaceti*) [5], où la nouvelle route du Simplon, frayée dans les décombres de la montagne, est bordée des deux côtés par d'énormes blocs de rochers écroulés qui s'étendent jusqu'au bord du Rhône. C'est là qu'une tradition constante, tant orale qu'écrite, place la chute du mont *Tauretunum* dont il est parlé dans la chronique de Marius [6]. Voici

[1] « Locus.... ab utraque parte a montibus conclusus erat, inter quorum angustias torrens defluit. » (Ibid. p. 84.)

[2] « Ut diximus, Rhodanus in locis illis inter angustias montium defluit, nec habet in latere.... quo se diverteret. » (Ibid. p. 85.)

[3] A *la Barma*, près de Saint-Maurice, la chaussée n'a que douze pieds entre le Rhône et les rochers.

[4] *Terra Viroleti* dans la *vie de Saint-Sigismond* (cap. 5), écrite par un auteur anonyme (msc.) cité par le Père Sigismond.

[5] Tel est le nom que portait ce bois et le village d'Epenacey dans les titres de l'abbaye du neuvième siècle (Bulle du Pape Pascal I, citée par P. de Rivaz, l. c., p. 72), nom qui, *non* plus que celui d'*Évionnaz*, n'a aucun rapport avec celui d'*Épaunum*, où se tint, en 517, le concile présidé par *Saint-Avit*, archev. de Vienne en *Dauphiné*. (Voy. *Jean de Muller*, hist. de la Conf. Suisse, t. I, p. 122.) *Évionnaz* s'appelait encore *Juviana* au seizième siècle (*Stumpf*, Chr. p. 263).

[6] Au-dessus du *Bois noir* et du plateau cultivé où est assis le petit hameau de *Mex*, s'élève une arête de la Dent du Midi, qu'on nomme la montagne de *Tanaire* et qui ferme le côté septentrional de la gorge de *Saint-Barthélemi* ou du *Jorat*. (Voy. la carte fédérale de Dufour, tab. XVII.)

comment cette tradition est reproduite dans *l'Histoire de Saint-Sigismond, roi de Bourgogne et martyr, imprimée à Sion en 1666*, et rédigée par le *Père Sigismond* (*Berodi*) de Saint-Maurice, sur les anciens manuscrits conservés naguère à Saint-Maurice et à Sion [1] : « Épenacey (qu'on dit être l'ancienne ville d'*Epaunum*), était « en son temps fort célèbre à cause du grand passage d'Italie et d'Allemagne ; cette « ville était située à un bon quart de lieue au-dessus de Saint-Maurice en une « planure. Du côté du levant, le Rhône lui servait de fossé ; au couchant, les ro- « chers lui tenaient lieu de fortes murailles. Elle fut détruite de fond en comble « par un grand déluge d'eau qui fit abîmer une grande montagne nommée *le Jorat* « par les habitants du lieu.

« .... Ces abîmes (éboulements) ont fait reculer le Rhône contre les montagnes « (de *Morcles*) du pays de Berne,.. . et le passage (la route) qui rendait ce lieu « autrefois fort célèbre, s'en est éloigné d'un grand trait de mousquet, ainsi qu'il « se voit encore maintenant [2]. »

Ainsi, suivant l'ancienne tradition du pays, le Rhône, qui coulait primitivement contre la Dent du Midi, fut repoussé par la chute du mont *Tauretunum* contre la Dent de Morcles où le fleuve se creusa un nouveau lit. Cette tradition s'accorde d'ailleurs avec la légende du martyre de la légion thébéenne, rédigée au commencement du sixième siècle par un moine anonyme d'Agaune [3]. On croit même apercevoir les traces de l'ancien lit du Rhône dans les plis onduleux des terrains cultivés entre Épenacey et Saint-Maurice. Quoi qu'il en soit, depuis Épenacey jusqu'à Évionnaz, sur une longueur de près d'une demi-lieue de chemin, le sol est couvert des deux côtés de la grande route actuelle par les décombres de plusieurs éboulements provenant du mont *Jorat*, soit de la Dent du Midi [4]. Ces éboulements,

[1] In vita Sancti Sigismundi, etc. « Hæc leguntur in antiquo breviario Agaunensi et ecclesiæ paroch. Sancti Sigismundi, et in libro annotat. qui in arce episcopali Majoriæ Sedunensis asservatur. »

[2] Histoire de Saint-Sigismond. 1 supra c. p. 167.

[3] La légende porte que *Saint-Maurice*, chef de la légion thébéenne, fut décapité sur une pierre *au bord du Rhône*, et que sa tête *tomba dans le fleuve*. Elle ajoute que la chapelle des martyrs fut bâtie sur la place même où ce Saint fut décapité, et que l'autel fut posé sur la pierre où il avait reçu le coup mortel. (Hist. de Saint-Sigismond, l. c. p. 363.)

[4] Le grand massif de hautes montagnes que nous appelons aujourd'hui la *Dent du Midi*, portait autrefois et porte encore dans le pays le nom de mont *Jorat*. (Voyez le P. *Sigismond*, l. c. — *Schinner*, descrip. du Vallais, p. 511, 535. *Bridel*, Statist. du Vallais, p. 25.)

partant de la gorge du vallon de Saint-Barthélemy et du haut du Bois-Noir, forment un cône dont la base se déploie en éventail et se prolonge jusqu'au delà du Rhône. Le village d'Épenacey et le hameau de la Rasse ont été bâtis sur ces anciens éboulis [1]. Le torrent de Saint-Barthélemy, appelé autrefois torrent de *la Marre*, débouche dans la vallée du Rhône, à trois quarts de lieue au-dessus de Saint-Maurice, par un couloir resserré entre deux arêtes de la montagne, dont l'une au-dessus d'Évionnaz, porte le hameau d'*Ecorne*, et dont l'autre, appelée *les Crêtes*, s'élève au-dessus du Bois-Noir et se prolonge du côté d'Épenacey.

Au-dessus de ce couloir, le vallon de Saint-Barthélemy forme, sur le côté méridional de la Dent-du-Midi, un entonnoir profond d'une lieue et demie de long appelé la *Combe du Jorat* par les gens du pays, au fond de laquelle coule le torrent dont les eaux noirâtres charrient les débris des glaciers et des montagnes voisines. Du côté du Val-d'Illiez, le massif ruineux de la Dent du Midi présente à l'œil une longue arête entrecoupée de cinq dents ou aiguilles, dont la plus orientale, vue depuis Bex, se montre sous la forme d'une pyramide tétragone, et laisse voir des échancrures qui proviennent de la chute de segments plus ou moins considérables de sa masse.

En considérant les lieux dont nous venons de donner une description succincte, on conçoit facilement qu'une grande masse de décombres accumulés dans la Combe du Jorat, venant à être entraînée par le torrent jusque dans le lit du Rhône, ait pu intercepter le courant du fleuve pendant un laps de temps plus ou moins long, en refoulant ses eaux en arrière, comme le dit Grégoire de Tours. Ce phénomène s'est effectivement reproduit au même endroit, quoique avec des circonstances moins désastreuses, dans des temps beaucoup plus rapprochés du nôtre.

Voici comment le chanoine *Gaspard Bérodi* de Saint-Maurice, témoin oculaire, rapporte deux éboulements successifs qui eurent lieu au dix-septième siècle dans le voisinage de cette ville : « En l'année 1635, aux mois de septembre et d'octobre,
« la moitié de l'une de ces arêtes de la Dent du Midi, appelée la Dent de *Novierraz*,
« s'écroula subitement et roula sur le glacier avec un fracas semblable aux éclats
« du tonnerre. Sa chute souleva un épais nuage de poussière noirâtre qui s'éten-

[1] A la Rasse s'élevait naguère une chapelle expiatoire en mémoire des victimes de ces éboulements.

« dait de la Dent du Midi à la montagne de Morcles ; cette poussière se répandit « ensuite dans l'air jusqu'à Aigle, et, enfin, jusqu'à Villeneuve et à Vevey. Le « principal éboulis, composé de gros quartiers de rochers, de blocs de glace et de « terre, formait une barre d'une soixantaine de pieds de haut au travers de la « Combe du Jorat. Ce barrage arrêta pendant plusieurs semaines l'écoulement du « torrent *de la Marre* ou de Saint-Barthélemy, jusqu'à ce qu'un déluge de pluie « qui tomba dans la montagne eut surmonté l'obstacle. Alors cette avalanche de « rochers et de décombres fut entraînée vers le Rhône par le torrent, qui, au sor- « tir de la gorge du Jorat se partagea en trois branches et inonda tous les terrains « environnants ; en sorte que les marchands revenant de la foire de Martigny furent « contraints de rebrousser chemin, et de prendre sur la rive droite le dangereux « sentier *de la Crottaz* pour se rendre à Saint-Maurice [1]. »

« L'année suivante, 1636, au *mois de juin*, le pont construit sur le torrent de « Saint-Barthélemy (à la suite du sinistre de l'année précédente) fut emporté par « ce torrent dont les eaux grossirent au point *d'arrêter pendant plus d'une demi- « heure le courant du Rhône*, qui reflua en arrière et rendit les chemins imprati- « cables jusqu'à Riddes. La suspension du cours du fleuve fut si complète à Saint- « Maurice, qu'on put prendre à la main une grande quantité de poissons [2]. »

Il semble que le chanoine Bérodi, en consignant dans son journal l'éboulement de 1636, n'a pas jugé nécessaire de répéter les détails plus circonstanciés qu'il venait de donner en parlant de celui de l'année précédente. Quoi qu'il en soit, la chute d'une portion considérable de la Dent du Midi s'est renouvelée en 1835, accompagnée de circonstances presque entièrement semblables à celles qui avaient eu lieu deux siècles auparavant. Le 26 août 1835, les habitants de la Rasse furent effrayés par un bruit épouvantable semblable aux roulements du tonnerre venant du côté de la Dent du Midi. Tout à coup ils virent sortir de la gorge du Jorat une masse noire et épaisse d'une hauteur considérable, roulant sur elle-même si rapidement, qu'ils eurent à peine le temps de s'enfuir sur la pente des montagnes voisines. Cette masse était composée de gros quartiers de rochers, de terre et de

[1] *Chron. msc.* du chan. *Gaspard Berodi* de Saint-Maurice, de 1610 à 1642. (Voy. l'Appendice.)

[2] *Chronique Berodi*, l. c. ad ann. 1636 : « Torrens S. Bartholomei ita crevit ut SISTERET et remoratus fuerit CURSUM RHODANI ferme per mediam horam. »

blocs de glace. La partie la plus considérable de cette avalanche boueuse suivit le torrent de Saint-Barthélemy jusqu'au Rhône. Elle y amena une si prodigieuse quantité de roches et de gravier, que le fleuve, ne pouvant les entraîner, reflua vers le territoire d'Outre-Rhône et forma une espèce de lac.

Le 28, des détonations répétées annoncèrent de nouvelles coulées de blocs et de boue qui bientôt débouchèrent de la gorge du Jorat. Trouvant le lit du torrent de Saint-Barthélemy comblé, elles se dirigèrent sur la gauche, du côté du Bois-Noir, dont une partie fut emportée, et se jetèrent dans le Rhône à peu près vis-à-vis de la source des bains de Lavey. Encombrant le lit du fleuve, les blocs de rochers le forcèrent à se jeter sur la rive opposée, d'où il retourna par ricochets contre le bord valaisan avec tant d'impétuosité qu'il l'emporta sur une étendue considérable. Au débouché de la gorge du Jorat, ces coulées avaient plus de quarante pieds de profondeur. Elles entraînèrent dans le fleuve des blocs de trois cents pieds de volume. D'autres blocs, enfoncés dans la coulée durcie, mesuraient jusqu'à 1,200 pieds cubes. Quand les nuages qui enveloppaient la montagne se furent dissipés, on vit clairement la cause de cet événement. L'angle ou l'arête orientale de la Dent du Midi présentait une échancrure considérable, qu'on évalue à soixante pieds de largeur sur environ cent cinquante pieds de hauteur [1].

Tel est l'exposé véridique des derniers éboulements de la Dent du Midi décrits presque au lendemain de l'événement par des témoins non suspects et entièrement désintéressés dans la question qui nous occupe. — En résumant la cause et les effets immédiats de ces éboulements, on y retrouve les traits principaux du récit de Marius et de Grégoire de Tours touchant la catastrophe de l'an 563, savoir : 1° bruits sinistres et lointains avant-coureurs de la catastrophe [2]; 2° chute d'une portion plus ou moins considérable de la montagne [3]; 3° éboulements de gros quartiers de rochers, roulant d'étage en étage jusque dans le lit du Rhône ; 4° barrage plus ou moins complet du fleuve, dont les eaux, refoulées en arrière, forment un lac et

[1] Voyez le Dictionn. de la Suisse de *Lutz*, traduit de l'allemand et revu par *J.-L.-B. Leresche* (Lausanne, 1837, t. II, p. 45-47).

[2] *Greg. Turon*, l. c. p. 84. « Qui (mons Tauredunensis) per dies 60 nescio quem *mugitum* daret. »

[3] *Ibid.* p. 84. « Scissus atque separatus mons ille ab alio monte sibi propinquo ruit. » — *Memorabilia a Gaspardo Berodi Agaunensis Gymn. rectore, ad ann.* 1635 : « Media pars dentis quœ nuncupatur *Novierras*, corruit. »

inondent le bassin supérieur. Il est à remarquer en outre que, dans les derniers éboulements, les coulées se partagèrent en plusieurs branches avant de se précipiter dans le Rhône. La masse roulante perdit en se divisant une grande partie de sa puissance encombrante, et le fleuve momentanément obstrué et refoulé en arrière ne tarda guère à surmonter l'obstacle et reprit bientôt son cours ordinaire. Mais en supposant pour un moment qu'en 563 le lit du Rhône se trouvait plus rapproché de la gorge du Jorat, et qu'au lieu de se diviser les coulées se précipitèrent directement et en masse dans le fleuve, le barrage dut s'étendre d'une montagne à l'autre [1] et s'élever à une grande hauteur, de manière à intercepter complétement le courant du Rhône, comme le dit Grégoire de Tours [2].

Tout le bassin supérieur fut submergé par le regorgement des eaux du fleuve. La plaine de Martigny, transformée en un vaste lac dont l'étendue et la profondeur augmentaient sans cesse, se couvrit des débris flottants de ses villages détruits. Puis cette masse d'eau accumulée, surmontant l'obstacle qui empêchait l'écoulement du fleuve, se précipita dans la partie inférieure, c'est-à-dire dans la plaine du Rhône qui va en s'élargissant de Saint-Maurice au lac Léman. La débâcle fut si soudaine et si violente, que l'inondation surprit les habitants dans leurs maisons, renversa les habitations, fit périr les hommes et les animaux, et entraîna tout dans le gouffre du Léman [3]. Le lac, gonflé par cette crue subite, déborda de toutes parts, inonda ses deux rives et y causa des dommages incalculables jusqu'à Genève [4].

Marius attribue le soulèvement des flots du lac à la chute de la montagne, tandis que Grégoire de Tours en fait remonter la cause à la débâcle des eaux du fleuve débordé, entraînant dans le lac les débris accumulés dans sa course depuis Saint-Maurice au Léman. Mais, comme on l'a déjà dit, cette différence tient uniquement à la tournure d'esprit des deux narrateurs. Le premier, plus pressé, saute, pour

[1] En cet endroit le défilé n'a que 500 à 600 toises de largeur, mesurées entre le débouché de la *gorge du Jorat* au-dessus de la Rasse et les parois de la Dent de Morcles.

[2] *Grég. Turon*, l. c. p. 84-86. « Excluso amnis littore. .... Rhodanus... cum fuit exclusus... »

[3] « Adcumulata enim aqua erumpens deorsum, inopinatos reperiens homines, ut desuper fecerat, ipsos enecavit, domos evertit, jumenta delevit, etc. » (*Ibidem.*)

[4] Lacum..... ita totum movit, ut egressus utraque ripa, pontem *Genevacum*, molinas et homines per vim dejecit, et *Genava* civitate ingressus plures homines interfecit. » (*Marius*, l. c.)

Cuncta littoribus usque ad *Genevam civitatem* violenta atque subita inundatione diripuit atque subvertit. » (*Grég. Turon*, hist. l. c.)

ainsi dire, à pieds joints de *Tauredunum* à Genève, tandis que Grégoire de Tours, qui aime à s'étendre, distingue dans son récit les différentes phases de la catastrophe. L'un et l'autre, en revanche, s'accordent à dire que le contre-coup de la chute du mont Tauredunum se fit sentir jusqu'à Genève, et que cette ville en éprouva un notable dommage. Le pont construit sur le Rhône, à sa sortie du Léman, fut emporté, et l'inondation fit périr un certain nombre de personnes. « Plusieurs racon-« tent même que les flots s'amoncelèrent au point d'entrer dans la ville par-dessus les « murs [1]. » Pour apprécier la valeur des récits de Marius et de l'historien des Francs, en ce qui touche Genève, il faudrait connaître exactement la situation de cette ville et de ses faubourgs au VI[e] siècle. Évidemment il ne peut être question de la ville haute, dont l'enceinte murée suivait les escarpements de la colline sur laquelle la cité est assise [2]. Il est plus vraisemblable que cet auteur a entendu parler des faubourgs existant à l'orient de la cité fortifiée par le roi Gondebaud [3]. Il en est parlé dans l'histoire de la fondation de l'église de Saint-Victor, faite par *Sedeleube*, nièce de ce roi [4]. Suivant Bonivard, le faubourg de Rive (*Ripariæ*) ou du Temple, joignant celui de Saint-Victor, s'étendait aux Eaux-Vives depuis la porte de Rive jusqu'au Pré-l'Évêque, et comprenait trois rues, dont l'une au bord du lac. Dans cette hypothèse, l'inondation dont il est question n'aurait plus rien d'extraordinaire. En effet, Genève occupe le fond d'un golfe formé par le rapprochement progressif des bords du lac, depuis le cap de Promenthoux et la pointe d'Ivoire [5]. Ce rétrécissement devient encore plus marqué depuis le cap de Genthod, d'où le lac prend la forme d'un entonnoir qu'on appelle *le creux de Genève* [6]. Une crue subite de quelques pieds seulement dans la partie large du lac produit une élévation beaucoup plus

[1] *Grég. Turon*, l. c. p. 87. « Traditur a multis tantam congeriem inibi aquæ fuisse, ut in dictam civitatem super muros ingrederetur. »

[2] Voy. *Spon*, hist. de Genève (Edit. in-4°) t. I, p. 14.

[3] Voy. *Spon*, l. c. p. 14. Ces faubourgs furent démolis en 1534. Voilà pourquoi ils ne sont pas figurés dans la vue de Genève donnée par *Seb. Munster*, dans sa *Cosmographie* publiée à Bâle en 1552, p. 100.

[4] *Fredegar*. Chron. cap. 22. « Ecclesia (S. Victoris) quam Sedeleuba Regina in *Suburbano Genevensi* (civitate) construxerat. » (Ap. *Duchêne*, Script. Franc. t. I, p. 746.) *Gaudi Lefort*. Prom. histor. t. I, p. 180-182.)

[5] Le golfe, qui forme l'extrémité occidentale du Léman, s'appelle vulgairement le *Petit-Lac*.

[6] Tel est le nom donné à cette partie du lac par *Razoumousky* dans son histoire du Jorat et du Léman, t. II, p. 8, § 9.

considérable des eaux dans le Petit-Lac. C'est ce qu'on observe dans le phénomène vulgairement appelé *les Seiches*, espèce de flux et de reflux des eaux du lac, analogue aux marées, et qui sont bien plus sensibles à Genève au fond du golfe que dans le milieu du bassin [1]. En supposant que le cataclysme de 563 soit arrivé, comme ceux des temps modernes, dans la saison où le niveau du Léman atteint sa plus grande hauteur, un accroissement extraordinaire et subit des eaux déversées dans son bassin a dû produire au fond du golfe de Genève une accumulation d'autant plus forte des flots du lac, que leur écoulement par le Rhône, à sa sortie du Léman, est limité par le rétrécissement de son lit profondément encaissé au-dessous de cette cité. Les flots chassés avec violence contre le faubourg inférieur dont on a parlé, ont bien pu rejaillir par-dessus ses murailles, inonder cette partie basse de la ville, et emporter les ponts et les moulins construits sur le fleuve.

Quoi qu'il en soit, nous croyons avoir démontré la concordance parfaite qui existe entre les récits des deux écrivains contemporains cités plus haut, d'un côté, avec la constitution physique du défilé de Saint-Maurice, où la tradition place le théâtre de la catastrophe de 563, et, de l'autre, avec les phénomènes que la chute d'une portion des montagnes qui forment ce long et étroit passage, a produits dans des temps beaucoup plus rapprochés du nôtre.

Grégoire de Tours termine son récit de la chute du mont *Tauredunum* en nous apprenant qu'après l'événement « une trentaine de moines s'étant rendus dans le « lieu du sinistre pour y faire des fouilles, tous furent ensevelis sous les décombres « d'un nouvel éboulement de la montagne [2]. » Ces religieux appartenaient sans aucun doute à l'abbaye voisine d'*Agaunum* ou de Saint-Maurice. Ce célèbre monastère était le seul qui existât alors à vingt-cinq lieues à la ronde [3]. L'abbaye d'Agaune ne fut donc point enveloppée dans la catastrophe de l'an 563 [4]. Du reste, on a

[1] Voy. *Fatio de Duiller*, Remarques sur le Léman. — *Spon*, hist. de Genève, in-4°, t. II, p. 463.

[2] « Cum factum esset, *triginta monachi*, unde castrum (*Tauredunense*) ruerat, advenerunt, et terram illam quæ, monte deruente, remanserat fodientes,..... pars illa quæ nondum ruerat, super eos cecidit, eos operuit atque interfecit. » (*Ibidem.*)

[3] Le couvent de Romainmôtier ne fut fondé que vers la fin du même siècle, et celui de *Saint-Oyens* ou de *Saint-Claude*, le plus près à cette époque, est situé à plus de 25 lieues de Saint-Maurice.

[4] Le couvent de Saint-Maurice et le bourg de ce nom sont protégés contre les éboulements de la *Dent du Midi* par le massif de rochers du *Scex*, qui se projette au Sud jusqu'au Rhône. Les religieux d'Agaune pouvaient aisément se rendre de leur couvent au lieu du sinistre par les hauteurs de *Vérossaz* et de *Mex*.

d'autres témoignages plus certains que cette abbaye, fondée par le roi Saint-Sigismond en 515, échappa aux désastres occasionnés par la chute du mont *Tauredunum,* et nous trouvons ces témoignages dans la chronique même de Marius. Elle nous apprend d'abord que moins de deux ans après la catastrophe, soit en 565, les moines du monastère d'Agaune se révoltèrent contre leur supérieur, l'évêque Agricola, qui fut grièvement blessé dans le tumulte [1]. — Marius parle ensuite de l'irruption des Lombards dans le Bas-Vallais en 574, et de l'occupation du monastère d'Agaune par ces étrangers, qui y séjournèrent pendant plus d'un mois, jusqu'au moment de leur défaite dans la plaine de Bex où ils furent battus par les Francs [2]. Ces faits supposent, non-seulement que le couvent n'avait pas été détruit par la catastrophe précédente, mais en outre que le dommage qu'il pouvait avoir souffert par le débordement des eaux n'avait pas été assez considérable pour obliger les moines à abandonner leur monastère.

Quiconque a visité l'abbaye d'Agaune comprendra tout de suite que ce monastère ait pu échapper par sa situation au sinistre de 563, comme il a échappé aux accidents de même genre arrivés dans les temps modernes. Le couvent est bâti au fond d'un cirque de rochers [3] qui, au sud et au nord de Saint-Maurice, s'avancent vers le bord du Rhône et refoulent ses flots contre la rive opposée. D'ailleurs, le couvent et l'église des Martyrs, fondés sur le roc contre lequel ils s'appuient, sont à quatre-vingts ou cent pieds au-dessus du niveau du Rhône qui coule au fond de la gorge. Le talus haut de 250 à 300 pieds, formé au Bois-Noir par l'éboulement du *Tauredunum,* en détournant le fleuve de son cours naturel, le repoussa contre les parois de la Dent de Morcles. La débâcle des eaux accumulées derrière le barrage s'effectua du côté opposé à l'éboulement, c'est-à-dire contre le village actuel de Lavey, dont le niveau est inférieur à celui de la plaine de Saint-Maurice. La préservation du monastère d'Agaune s'explique ainsi par sa position plus reculée et plus élevée, et par la manière dont les eaux du Rhône ont été repoussées contre la rive opposée par l'éboulement de la montagne. Du reste, qui pourrait

[1] Anno 565 : « Hoc anno monachi *Agaunenses* iracundiæ spiritu excitati, episcopum suum Agricolam cum clero et cives, qui cum ipso erant, occidere nitentes... » (*Marius Aventic. Chron.* l. c.)

[2] *Marius* in Chron. ad ann. 574. « « Eo anno Longobari in valle (*sic*) ingressi sunt et in *monasterio Acaunensium* diebus multis habitaverunt, et postea, etc. (l. c.)

[3] Légende des martyrs thébéens, l. c. p. 321. « Basilica quæ vastæ nunc adjecta rupi jacet. »

avoir la prétention de rendre compte de tous les phénomènes produits par une catastrophe dont la date remonte à plus de douze siècles. Les accidents du même genre survenus depuis lors au même endroit ont dû modifier considérablement l'état des lieux. Les éboulements plus récents recouvrent les débris des éboulements antérieurs, et nous dérobent leur étendue et leur nature géologique. Nous n'apercevons aujourd'hui que les décombres accumulés au pied de la Dent du Midi dans le cours de plusieurs siècles. Ils couvrent une étendue d'une demi-lieue de pays, entre Vérolliez et Évionnaz, des deux côtés de la chaussée de Saint-Maurice à Martigny. Les plus gros blocs ont été brisés pour servir de matériaux à la construction de la nouvelle route du Simplon, et, plus tard, à l'empierrement de la digue du Rhône aux bains de Lavey [1].

Pour ne rien omettre de ce qui peut contribuer à répandre quelque jour sur la catastrophe de l'an 563 qui bouleversa tout le bassin de Saint-Maurice, nous dirons quelques mots des changements que la chute du mont *Tauretunensis* paraît avoir apportés dans l'état des lieux. Les légendes du martyre de la légion thébéenne écrites au milieu du cinquième siècle [2] et au commencement du sixième, et particulièrement la seconde dont un moine anonyme d'Agaune fut l'auteur [3], nous font entendre assez clairement qu'à l'époque où l'on écrivait ces légendes, le Rhône, qui maintenant baigne le pied des roches verticales de la chaîne *orientale*, ou de la Dent de Morcles, coulait, au contraire, le long de la chaine *occidentale*, serrant de près le pied du massif formé par la Dent du Midi [4]. En sorte que la route, interrompue en certains endroits par des parois de rochers qui interceptaient le passage, passait plusieurs fois d'un bord à l'autre au moyen de ponts jetés sur le Rhône [5].

[1] M. Ravy, propriétaire des bains, a fait briser à la mine un bloc de 1,700 pieds cubes pour former la digue qui protége la source de Lavey. — On en signale d'autres à la Rasse, enfoncés à demi dans la terre, qui mesurent 1,200 pieds cubes. Ces blocs proviennent de l'éboulement de 1835. (*Leresche*, Dictionn. de la Suisse, l. c.)

[2] *Passio Martyrum Agaunensium* attribuée à *Saint-Eucher de Lyon*. (Voyez *P. de Rivaz*, Éclaircissements sur le martyre de la légion thébéenne, p. 50 et 314.)

[3] *Ibid.* p. 21 à 323.

[4] Légende (A) *de Saint-Eucher* (l. c. p. 316), « Acaunus inter Alpina juga in valle situs est.... Infestus namque Rhodanus saxosi montis radicibus vix pervium viantium aggerem reliquit.

(Gall. Christ. nova t. XII, p. 423.)

[5] Légende (B) *du moine anonyme d'Agaune*, l. c. p. 324. « Agaunum..... ita vastis rupibus Rhodani

Voici quel était, selon toute apparence, le tracé de l'ancienne voie romaine ouverte par les *Alpes Pennines* (Grand-Saint-Bernard) et qui tendait à la tête du lac Léman. Au débouché de la vallée de la Dranse, soit depuis *Octodurum* ou Martigny-le-Bourg, la chaussée suivait pendant l'espace de deux mille pas romains la rive gauche [1] du Rhône, jusqu'à l'endroit appelé *Octans*, près du Trient [2], où elle passait sur la rive opposée au moyen d'un pont jeté sur le fleuve [3]. Ce détour était sans doute nécessité par l'obstacle que présentait au passage de la route le rocher de la Barme qu'on rencontrait un peu plus loin [4]. Après avoir franchi ce premier pont, la chaussée romaine, traversant dans sa longueur le territoire d'Outre-Rhône, suivait le bord oriental de la rivière jusqu'au pied du massif de la Dent de Morcles [5], dont les épaulements rongés peu à peu par les eaux du Rhône qui maintenant coulent à sa base, présentaient auparavant un obstacle insurmontable à la prolongation de cette chaussée sur la rive droite : il avait fallu, par conséquent, jeter un deuxième pont sur le Rhône pour continuer la route sur la rive gauche. Ce second pont aboutissait probablement à l'ancienne bourgade (*vicus*) nommée *Juviana* [6], située à environ trois mille pas romains, soit cinquante minutes d'Agaune, ou de Saint-Maurice. Cette ancienne bourgade, que nous continuerons d'appeler *Juviana* [7], se

fluminis cursus arctatur, ut, commeandi facultate subtracta, constratis pontibus viam fieri itineris necessitas imperaret. »

[1] Colonne milliaire conservée à Martigny *F(orum) C(laudii) V. M. II*°). Inscr. Helvet., n° 20, *J.-G. Orelli*. — Legende (B) : « Transeuntibus iter Alpium (Penninarum) per arduam et horrendam viam.... in oppidum quod *Octoduri* nomen accepit... deinde Rhodani fluminis cursus offertur, qui mole sua leniter fluens, etc. (L. c. p. 324.)

[2] *Auctanis* en 516. Fondation de l'abbaye de Saint-Maurice. (Gall. Christ. Nov. t. XII, p. 00.)

[3] Voir *la carte théodosienne de Peutinger et Reichard, orbis antiquus*. Nuremb. 1824. Tab. IX.

[4] *Portam Balmæ* dans les anciens titres ; en cet endroit la route actuelle n'a que 18 pieds entre les parois de rochers et le Rhône, qui très-souvent inonde le chemin dans les hautes eaux.

[5] Des antiquités romaines recueillies sur le bord oriental du Rhône (Inscript. tumulaire à *Fully*. — *Orelli*, l. c. n° 17), *des monnaies d'or* impériales ramassées dans *les bois de Morcles*, ainsi que les noms latins de plusieurs localités, comme *Ultra Rhodanum* (Dorenaz), *Colonia* (Colonges) indiquent le passage de la voie militaire sur la rive droite du fleuve.

[6] Tel est le vrai nom du village d'*Évionnaz* dans les anciens titres, de même que dans la chronique de *Stumpf* (p. 363), et dans la carte de *Spon*, hist. de Genève (1730). Ce n'est que dans le siècle passé que le dernier nom a remplacé celui de Juviana (*De Saussure*, voyage dans les Alpes, t. II, p. 435).—Le village actuel d'Évionnaz est placé à un quart de lieue en amont de l'ancienne bourgade recouverte par l'éboulement de 563.

[7] Ne pourrait-on pas conjecturer avec assez de vraisemblance que le nom primitif de ce lieu était *Joviana*,

trouvait primitivement placée à la gauche de la gorge par laquelle le torrent de Saint-Barthélemy débouche de la combe du Jorat. Le passage du pont paraît avoir été défendu par un fort (*castrum*) élevé sur un rocher voisin, dont la chute écrasa le bourg situé à ses pieds et emporta le pont par lequel on communiquait avec l'autre rive. A l'appui des traditions locales dont nous venons de parler, nous citerons la règle primitive du monastère d'Agaunum qui date du cinquième siècle [1], et qui défend aux moines d'aller *au château, à la cité* et au delà du Rhône sans la permission du supérieur [2]. Ce château, situé non loin de Saint-Maurice et du même côté du fleuve, ne saurait être que le *castrum Tauretunense* dont parle Grégoire de Tours, puisque cet historien nous apprend lui-même que des moines d'un couvent voisin, s'étant rendus sur les ruines de ce fort pour y faire des fouilles, furent punis de leur désobéissance ou de leur cupidité par un nouvel éboulement de la montagne qui les ensevelit sous ses débris [3].

De Juviana, la chaussée passait au pied d'une corniche de rochers qu'on appelle *les Crêts*, au delà de laquelle on découvrait tout à coup une plaine peu étendue, mais riante et arrosée par plusieurs sources rafraîchissantes [5]. Ce petit bassin porte aujourd'hui le nom de *Virolley, Verolley* ou *Verolliez ;* il est devenu célèbre par le martyre de la légion thébéenne [6], décimée en cet endroit en 302 après Jésus-Christ,

tiré de celui de la fameuse légion romaine appelée *Jovia* ou *Joviana Félix Thebeorum*. (Voy. *P, de Rivaz* l. c. p. 82 et suiv.)

[1] On sait que le roi Saint-Sigismond ne fut que le second fondateur d'Agaunum; cette congrégation monastique existait déjà au même endroit dès le commencement du cinquième siècle. (Voy. *P. de Rivaz*, l. c. p. 56, en 669.)

[2] Voy. *P. de Rivaz*, l. c. p. 65, 66.)

[3] *Greg. Turon.* hist. l. c. — Quant à la cité (*civitas*) dont la fréquentation était de même interdite aux religieux, il s'agit sans doute d'*Octodurum* ou Martigny, résidence des évêques du Vallais, et qui n'est qu'à environ 12,800 pas ou trois lieues de poste d'Agaunum.

[4] Au-dessus *de la Rasse* et *du Bois noir*.

[5] *Légende* (A), l. c. p. 316. « Saxosi montis (*le Scex*) radicibus..... transmissis... subito nec exiguus inter montium rupes campus aperitur. In hoc legio sancta consederat. »

Légende (B). l. c. p. 324.

« Agaunum..... undique eminentibus Saxis (*les rochers du Scex*) parvus quidem, sed amœnus, irriguis fontibus campus includitur, ubi fessi milites legionis *Thebææ* post laborem tanti itineris resederunt. »

[6] *Terra Veroleti* dans les anciens titres de l'abbaye, sur laquelle s'élevait jadis une ancienne chapelle dédiée aux martyrs thébéens. C'est au milieu des parois de rochers qui entourent cette petite plaine, à 600 pieds au-dessus du Rhône, que se trouve l'hermitage de *Notre-Dame du Scex*, bâti par Saint-Amat, religieux d'Agaune au commencement du septième siècle. (*Mabillon*, Ann. Bened. t. I, p. 303.)

par l'ordre du César Maximien-Hercule, pour avoir refusé de sacrifier aux dieux du paganisme. Cette plaine forme un arc très-ouvert, entouré de hautes parois de rochers, contre lesquelles s'appuie l'hermitage de *Notre-Dame du Scex*. La voie romaine côtoyant la rive gauche du Rhône, forme la corde de cet arc, mesurant environ 3,000 pas de diamètre [1].

L'antique monastère d'Agaune est adossé contre les rochers qui ferment le vallon de Vérolliez à son extrémité inférieure [2]. Le bourg de Saint-Maurice occupait une autre partie du vallon, et il était séparé par un intervalle non bâti du lieu où s'éleva le couvent fondé par le roi Sigismond [3]. En sortant d'*Agaunum*, la chaussée romaine passait sous une voûte percée dans le rocher à pic qui s'avance vers le Rhône, et forme avec la montagne, qui se dresse sur la rive opposée [4], une étroite gorge dont tout l'intervalle est rempli par le lit profondément encaissé du fleuve [5]. Au delà de cette voûte, la route militaire continuait à suivre la rive gauche pendant l'espace d'environ deux mille pas ou demi-heure jusqu'au village actuel de Massonger, où elle passait de nouveau sur le côté droit ou oriental du Rhône par un ancien pont dont on aperçoit encore les culées massives au fond de la rivière pendant les basses eaux [6].

C'est, suivant toute apparence, entre Saint-Maurice et le pont romain de Massonger qu'il faut chercher l'emplacement de l'ancienne station appelée *Tarnaïas* ou *Tarnada* dans les itinéraires de l'empire. Ces itinéraires s'accordent à mettre cette station à douze milles romains d'*Octodurum* ou Martigny, et à quatorze milles

[1] On compte environ 1,000 toises de 10 pieds suisses, ou 3,000 mètres, depuis Épenacey au couvent de Saint-Maurice.

[2] *Légende* (B.), l. c. « Agaunum accolæ..... saxum dicunt..... Basilica quæ adjecta rupi, tantum uno latere acclinis jacet. »

[3] Une charte de l'an 1046 démontre que le *Burgum Sancti Mauritii* était différent d'*Agaunum*, nommés l'un et l'autre dans ce même acte comme deux localités séparées, quoique très-voisines, « via qua tenditur de Burgo ad monasterium (anno 1003) » (*A. Jos. de Rivaz*, diplomat. du Vallais, t. X, fol. 101 et 167).

[4] La montagne du châtel de Bex, qui fait partie du *massif de Morcles*, a été coupée à pic pour y faire passer la route à l'endroit où s'élèvent les retranchements construits pour la défense de ce passage important.

[5] La gorge par où le Rhône s'échappe du bassin de Saint-Maurice n'a pas plus de 100 toises (ou 300 mètres) d'ouverture d'un bord à l'autre.

[6] On sait que le pont actuel de Saint-Maurice n'a été construit que vers l'an 1488, celui qui se trouvait plus bas ayant été détruit pendant les guerres de Bourgogne. (*Boccard*, l. c. p. 138.) Le château, bâti sur le roc qui domine le pont actuel, servait auparavant à défendre l'entrée du passage voûté dont on a parlé.

de *Pennelocus* ou Villeneuve [1]. Quant au premier de ces chiffres, douze milles romains font trois lieues et vingt et une minutes, distance qui est plus forte que celle qui sépare Saint-Maurice de Martigny [2], qu'on évalue à deux lieues et demie de pays ou trois lieues de poste [3]. D'un autre côté, si on tient compte des détours de la chaussée romaine qui passait par Bévieux, Salaz, Villy et Ollon, en tendant à Villeneuve, on trouvera que cette chaussée parcourait environ 2,600 toises, soit cinq milles ou une lieue et vingt-quatre minutes depuis le pont de Massonger à Ollon ou Saint-Triphon [4] : Restaient neuf milles ou deux lieues et quart à compter de cet endroit à Villeneuve, lesquels font ensemble les quatorze milles (trois lieues cinquante-cinq minutes [5]), marqués dans les itinéraires entre Tarnaïas et Pennelocus.

Au reste, en faisant abstraction des distances plus ou moins exactes indiquées dans ces itinéraires, nous avons des preuves bien plus concluantes de l'existence d'une station et d'un établissement romain assez important à Massonger dans les monuments recueillis en cet endroit [6]. L'un de ces monuments était dédié au génie protecteur de cette station (*genius stationis*) par *Virius Probus*, soldat (*miles*) de la huitième légion romaine, qui s'y trouvait en garnison sous l'empire d'Alexandre Sévère (années 222-235) [7]. Or, *Tarnaïas* ou *Tarnada* est l'unique station romaine indiquée sur la route militaire entre *Octodurum* et *Pennelocus*. Après avoir franchi de nouveau le Rhône au pont de Massonger, au-dessus de l'embouchure de l'Avençon, la chaussée se dirigeait au Nord-Est, en remontant la rive gauche de ce torrent jusqu'à Bévieux [8]. Tournant ensuite au nord, la route romaine suivait le

[1] *Table théodosienne* dans *Reichard*, Orbis antiquus, t. IX. (Nuremb. 1824, in-fol.) — « *Octodurum*..... *Tarnaïas*. M. P. XII. *Pennilucus*. M. P. XIV. »

[2] Trois lieues de 25 au degré ne font que onze mille pas romains au lieu de douze mille indiqués dans la table théodosienne. La longueur du parcours dans l'étroit bassin de Saint-Maurice devait être à peu près la même sur la voie romaine que sur la route actuelle, aucun détour n'étant possible dans ces gorges étroites.

[3] Voy. *Walkenær*, Geogr. anc. t. III, p. 34 à 37, qui place *Tarnada* à Massonger.

[4] Où a été trouvée la colonne milliaire portant XVII. mille pas depuis Octodurum, soit cinq mille pas depuis Tarnaïas,. (*Levade*, Dict. du canton de Vaud, p. 228.)

[5] On compte au moins quatre lieues et demie depuis Villeneuve au bourg de Saint-Maurice.

[6] Voyez *Orelli*, Inscript Helvet. p. 7, nos 15 et 16. — *Boccard*, hist. du Vallais, p. 399, n° XI.

[7] *Orelli*, l. c. n° 15. — Voyez aussi l'interprétation que ce savant archéologue donne de cette inscription, transportée en 1820 à Saint-Maurice, ainsi que toutes celles qu'on a trouvées à Massonger.

[8] *Baccis*, anno 574. (*Marius in Chr. ad hunc annum.*)

pied des montagnes bordant du côté du levant la plaine du Rhône [1]. Elle atteignait enfin à *Pennelocus* (appelé plus tard *Caput-lacus* et *Compendiacum*), aujourd'hui Villeneuve, bâti à la tête du lac Léman, après un parcours de vingt-six milles romains comptés depuis Octodurum ou Martigny-le-Bourg [2].

Il faut observer cependant que, dans la *table théodosienne*, rédigée, comme on sait, vers la fin du quatrième siècle [3], la route romaine se trouve tracée sur la rive droite du Rhône dans tout son parcours, depuis le pont jeté sur ce fleuve entre Octodorum et le Trient jusqu'à la tête du lac [4]; en sorte que la station intermédiaire, appelée Tarnaïas [5], se serait trouvée placée à Lavey sur le côté oriental du fleuve et vis-à-vis de Saint-Maurice. Mais la table théodosienne ne peut faire autorité pour les positions topographiques; elle ne s'occupe que des routes et des distances des stations entre elles.

L'histoire du massacre de la légion thébéenne, le culte rendu depuis plus de quinze siècles à ces martyrs sur le lieu même où leur sang fut répandu, ainsi que la construction du monastère d'Agaune [6] au milieu des rochers, et dans l'endroit le moins favorable pour fonder un établissement destiné à entretenir plus de cinq cents moines; toutes ces circonstances réunies ne peuvent s'expliquer qu'en admettant comme un fait incontestable, que les soldats de la légion thébéenne, en cheminant sur la route militaire, étaient parvenus dans la petite plaine qui précède Saint-Maurice, où l'ordre de les décimer fut expédié d'Octodurum par l'empereur Maximien qui s'était arrêté dans cette dernière ville [7], et conséquemment qu'une portion de cette route suivait la rive *gauche* et passait à Agaunum même.

[1] *Villiacum* (Villy), et *Aulonum* (Ollon) sont mentionnés dans la fondation d'Agaune en 517. (Gall. Christ. nov. t. XII, Instr. p. 423). — Yvorne (*Evurnum*, et non pas *Hyberna*, anno M°. circa.)

[2] Chiffre indiqué sur la colonne milliaire de Villeneuve (*Levade*, Dict. p. 349). — Vingt-six milles romains font sept lieues treize minutes de vingt-cinq au degré.

[3] Conséquemment postérieurement au massacre de la légion thébéenne arrivé en 302.

[4] Voir la *Carte théodosienne* de *Peutiger* et *Reichard*, orbis antiquus. Nuremb. 1824. Tab. IX.

[5] *Tarnadas* dans l'*Itinéraire d'Antonin*, qui, pour les distances de cette station, soit à *Octodurum*, soit à *Pennelocus*, concorde avec la table théodosienne.

[6] *Grég. Turon*, ex glor. martyr. cap. LXXV. « Hic (Sigismundus rex)..... Agaunum dirigit,.... coram sepulcris beatissimorum Martyrum Legionis Felicis. » (*l. c.* t. IV, p. 230.)

[7] Légende du moine d'Agaunum, l. c. p. 324. « Præteriens Octodurum oppidum (*legio thebæa*) ad locum cui *Agauno* nomen est, properavit. » — « Undique (prope Agaunum) parvus irriguis fontibus includitur campus, ubi milites legionis Thebeæ resederunt. » (Ibid. p. 325.)

D'un autre côté, le passage de la chaussée romaine de la rive gauche à la rive droite, au moyen d'un premier pont jeté sur le Rhône à peu de distance d'*Octodurum*, est positivement marqué sur la table théodosienne ; et cependant cette chaussée se retrouve sur le même côté droit ou oriental dans la plaine inférieure du Rhône, aussitôt qu'on est sorti des défilés de la gorge de Saint-Maurice. Pour concilier ce fait avec ceux qui concernent le martyre des soldats thébéens, lesquels sont tout aussi bien établis, il faut nécessairement admettre que la section de la voie romaine, qui traversait ce défilé, avait été reportée de la rive droite sur la rive gauche, au moyen d'un deuxième pont construit à l'entrée de la gorge formée par le rapprochement des deux montagnes de la Dent de Morcles et de la Dent du Midi.

Enfin, les monuments romains trouvés soit à Saint-Maurice, soit à Massonger, supposent que *Tarnaïas* était placé sur le bord occidental du Rhône, soit du même côté qu'Agaunum, et à une vingtaine de minutes plus bas que cet endroit. Il paraît, en outre, assez certain que *Tarnaïas* ou *Tarnada*, *Agaunum* et *Saint-Maurice* (*Burgum Sancti Mauritii*) furent dans le principe trois localités distinctes et séparées, quoique très-rapprochées les unes des autres, et que leur origine remontait à des époques différentes. D'après le monument trouvé à Massonger et érigé sous Alexandre Sévère [1], l'existence de la station romaine, appelée *Tarnada* ou Tarnade, remonterait pour le moins au commencement du troisième siècle de l'ère chrétienne. Le nom de *règle de Tarnade*, donnée à la discipline observée par les premiers anachorètes que Théodore Ier, évêque du Vallais, réunit autour de la basilique où les ossements des soldats thébéens avaient été recueillis par ce prélat [2], ferait supposer que cette station romaine existait encore vers la fin du quatrième siècle. Mais le monastère lui-même fut appelé *Acaunum* ou *Agaunum*, à cause du rocher auquel il fut adossé, ce nom étant synonime, dans l'idiôme des gens du pays, du mot latin *saxum*, à ce que disent les légendes du couvent [3].

[1] *Orelli*, l. c. p. 7, n° 16.

[2] Légende A, écrite par Saint-Eucher (*P. de Rivaz*, l. c. p. 321). « *Cum beatissimorum* Acaunensium martyrum.... (a Theodoro Episcopo) extrueretur *basilica* quæ vastæ adjecta rupi nunc jacet ... »

[3] *Agaunum* accolæ, interpretatione gallici sermonis, *saxum* dicunt. » (Légende du moine d'Agaune, p. 324.)

Quoi qu'il en soit, on présume que *Tarnada* fut détruite dans la grande invasion des barbares du Nord [1] au commencement du cinquième siècle, et que cette station romaine ne se releva pas de ses ruines [2]. Par contre, Agaunum continua d'être le but d'une grande affluence de chrétiens de divers pays apportant au tombeau des martyrs thébéens le tribut de leurs prières et de riches offrandes [3], qui continuèrent à soutenir l'existence de la petite communauté de moines réunis en ce lieu pour le service du culte chrétien, et pour exercer envers les pèlerins les pieux devoirs de l'hospitalité [4]. Cet établissement paraît avoir subsisté dans le même état jusqu'au commencement du sixième siècle, où le roi Sigismond fit bâtir sur le même emplacement un nouveau monastère [5] dans des proportions beaucoup plus vastes, et le dota de propriétés territoriales immenses situées dans les pays environnants, ainsi qu'en Bourgogne et même au delà des Alpes [6]. En même temps la nouvelle basilique ayant été consacrée (année 517 [7]) et dédiée à Saint-Maurice, le monastère d'Agaune porta dès lors le nom de ce chef de la légion thébéenne [8].

Il paraît par les actes qui concernent cette seconde fondation, que le roi Sigismond prit soin d'éloigner tous les laïques de l'un et de l'autre sexe qui auparavant avaient cultivé le sol et assisté les religieux dans le devoir de servir les pèlerins et d'héberger les voyageurs [9]. Il relégua ces laïques au delà du torrent de Vérolliez [10], et ils s'établirent avec leurs familles à environ trois mille pas au sud d'Agaune, dans

[1] Voir *P. de Rivaz*, l. c. p. 65.

[2] C'est *J. Simler* (Vallesia, lib. I), qui, le premier, a accrédité l'opinion de l'identité de lieu de *Tarnada* et d'*Agaunum* ou Saint-Maurice, opinion sur laquelle *D. Mabillon* avait déjà élevé des doutes. (*Ann. Bened.* t. I, p. 29 et 30.)

[3] Légende de *Saint-Eucher* du cinquième siècle; *l. c. præfatio*, p. 314. « Cum ex diversis locis atque provinciis in honorem sanctorum martyrum auri atque argenti munera offerantur, nos, etc. »

[4] *P. de Rivaz* l. c. p. 56.

[5] *Marius*, Chron. sub anno 515.

[6] Charte de dotation de l'abbaye d'Agaune par le roi *Sigismund*, anno 516, 30 avril. (*Gall. Chr.* t. XII, preuves.)

[7] *Bolland*, Act. Sanct. in vita *S. Aviti*, Febr. V, t. I, p. 665.

[8] Charte de dotation du roi Sigismond de l'an 516 : « Do itaque Deo *et Sancto Mauritio*, etc. »

[9] Charte du roi Sigismond de 516 (*supra*). « Habito consilio *Agauni* publice..... in loco qui dicitur *Agaunum* ubi sanctorum Thebæorum corpora tumulata sunt.... « Monasterium quod vocatur Agaunum. » — Vie de Saint-Sigismond, roi de Bourgogne (*Bolland*, Acta SS. maii, t. I, — *Boccard*, hist. du Vallais, p. 21.)

[10] Appelé aussi le torrent de *Mauvoisin*, qui descend du mont de *Vérossaz* (*mons Verosalis*), et tombe dans le Rhône entre Saint-Maurice et Épenacey.

l'endroit appelé *Juviana*, dont on a parlé plus haut [1]. Le roi y fit bâtir des églises et des hospices ou des hôtelleries pour loger les voyageurs.

Il y a toute apparence que le château de Tauredunum avait été, si ce n'est nouvellement bâti, au moins relevé de ses ruines [2] par le roi Sigismond lui-même pour la défense du bourg de *Juviana* et du passage du Rhône, traversé en cet endroit par la route d'Octodurum à Agaune. Il est en outre très-vraisemblable que ce fut dans ce fort, peu éloigné du monastère et assis sur le penchant de la montagne de Vérossaz (*Verosalis mons*), que plus tard, l'an 523 [3], ce roi martyr, accompagné de sa famille et de quelques sujets fidèles, chercha un refuge pour se soustraire par la fuite et le déguisement à la poursuite d'ennemis acharnés à sa perte, et non pas au milieu des bêtes fauves dans les forêts désertes et glacées de ces montagnes, ainsi que l'ont dit certains légendaires trop enclins à charger l'histoire de circonstances merveilleuses [4]. La différence entre le nom donné à ces montagnes par les légendaires d'un côté, et, de l'autre, par les historiens contemporains qu'on vient de citer, ne doit nullement nous arrêter, la dénomination de *Verosalis montes* [5], qui désignait comme aujourd'hui le plateau de *Vérossaz* au-dessus de Saint-Maurice, comprenait aussi la montagne qui portait le castel de *Tauredunum*.

Voilà, suivant les probabilités, l'origine de cette bourgade et de ce château fameux dans l'histoire du moyen-âge : l'un et l'autre après avoir subsisté pendant près de cinquante années, furent écrasés par la chute du mont *Tauretunum* en 563, et ensevelis sous un amas de rochers et de terres éboulées, recouvert aujourd'hui par une haute forêt de pins appelée le *Bois-Noir*. Pendant longtemps cette forêt ne fut qu'un grand hâlier rempli de débris de la montagne écroulée et de ronces épineuses, comme l'indique clairement l'ancien nom de *silva Spinaceti* que

[1] On dit que cet ancien endroit était situé à la gauche du torrent de Saint-Barthélemy (ou *de la Marre*), tandis que le village actuel d'Évionnaz se trouve plus loin à la droite de ce torrent.

[2] Grégoire de Tours (*l. c.*) dit que les moines d'Agaune, fouillant dans les décombres de ce fort, y trouvèrent de l'airain (*æs*) et du fer (*ferrum*), ce qui ferait supposer qu'il remontait à la période romaine.

[3] *Marius* Chr. ad ann. 523. « Sigismundus a Burgundionibus Francis traditus est, et in Francia in habitu monacali perductus.... cum uxore et filiis. »

[4] Vie de Saint-Sigismond, par le Père *Sigismond Berodi*, ch. L, p. 222 et suiv.

[5] On lit ce qui suit dans la vie de Saint-Sigismond : « Sigismundus videns se hinc inde coangustari *Verosalis* montem expetivit » (Bolland Act. SS, 1 mai, tom. I, p. 87). — Et dans le Bréviaire de l'office de Saint-Sigismond VI, Oct. « Dum Sigismundus super montem *Verosalis* struit domicilium. »

portait le *Bois-Noir* en 817, lorsque Arnoul, comte de Vallais et fils naturel de l'empereur Louis-le-Débonnaire, le donna à l'abbaye d'Agaune avec les terrains incultes sur lesquels le village d'Épenacey s'éleva plus tard [1].

La question de savoir si *Epaunum*, lieu où se tint le fameux concile de l'an 517, était situé en Vallais ou dans le diocèse de Vienne en Dauphiné, importe très-peu à notre sujet. Il est positif que le roi Sigismond, fondateur du monastère d'Agaune en 515 [2], convoqua aux environs (*prope Agaunum*) une grande assemblée d'évêques et de dignitaires du royaume de Bourgogne [3], que Saint-Avit, archevêque métropolitain de Vienne, s'y rendit ensuite pour faire la consécration solennelle de l'église des martyrs en présence du roi et de sa nombreuse cour [4]. Ces assemblées supposent qu'il existait non loin du nouveau monastère une résidence royale, un château (*castrum*) ou quelque bourgade considérable qui a disparu, et dont la destruction paraît due à la chute de la montagne appelée *mons Tauretunensis* par Marius d'Avenches.

Épenacey peut, du reste, se contenter de la renommée qui lui est acquise par l'immense catastrophe dont cet endroit fut le théâtre principal, et qui eut dans toute la Gaule un retentissement tel, que les historiens contemporains les plus éminents crurent devoir en perpétuer le souvenir, en l'inscrivant dans leurs annales parmi les événements les plus mémorables du sixième siècle.

Effectivement, la chute du mont *Tauretunensis* changea considérablement l'état du bassin de Saint-Maurice, et l'inondation qui suivit cet éboulement d'une partie de la Dent du Midi, fit disparaître sous les eaux bien des endroits habités dont les noms mêmes sont ignorés.

Quand les eaux accumulées dans le bassin supérieur par la chute de la montagne voisine eurent acquis assez de volume pour surmonter l'obstacle qui s'opposait à

[1] Voy. *P. de Rivaz*, Éclaircissements, p. 72-74. Voici quelles étaient anciennement les bornes de ce territoire : « Rhodanus ab oriente, montes ab occasu et torrentes de *la Marre* (*Sancti Bartholomei*) et de *Virolley*, sunt limites antiquæ decimæ d'Epenassey.... et hodie iste vicus est de plebeïa S. Sigismundi Agaunensis. » (Ex libro annotationem abbatis Agaunensis apud *Sigismond Berodi*, l. c. p. 174.)

[2] *Marius*, Avent. Chr. ad ann. 515, *l. c.*

[3] Actes du concile d'Agaune, en 516, « convocatis LX (*aut* IX) episcopis totidemque comitibus, etc. » (*Gall. Christ.* t. XII, p. 786 et pr. col. 421.)

[4] *Ibidem.* « Homelia Sancti Aviti (dicta) in innovatione *monasterii Agaunensis*, 8° Kal. Octobr. (anno 516.)

leur écoulement, elles ont dû s'ouvrir un passage en entamant d'abord la partie la moins élevée du barrage qui se terminait en éventail vers le pied de la Dent de Morcles. Dès lors, le Rhône refoulé vers cette montagne[1] par les masses de rochers et de terres éboulées qui couvraient tout le côté occidental du bassin, abandonna cette rive et se creusa un nouveau lit contre le bord oriental[2]. Ce changement dans le cours du Rhône est, après une période de près de treize siècles, encore très-visible au-dessous du village actuel d'Évionnaz[3]. Le fleuve se détourne brusquement de la direction suivie jusque-là, et se jette au travers de la gorge contre les hautes parois des rochers situés à la droite où serpente le périlleux sentier de la *Crotte*, conduisant d'Outre-Rhône au village de Morcles. De ce point, où il forme un nouveau coude, le Rhône coule au pied de ces rochers perpendiculaires jusqu'au-dessous des bains actuels de Lavey où il rentre dans son ancien lit, pour s'échapper ensuite de l'étroite gorge de Saint-Maurice sous le pont hardi jeté sur le fleuve à la sortie de cette petite, mais très-célèbre bourgade. Par suite du changement opéré dans le cours du Rhône par l'éboulement du mont *Tauredunum*, la source thermale de Lavey, retrouvée en 1831 dans le lit du fleuve où elle jaillit par plusieurs fissures de rochers situés au pied du village et de la Dent de Morcles, se trouva recouverte par le nouveau lit que le Rhône se creusa à la base de cette montagne. Cette source thermale paraît avoir été connue du temps des Romains, comme l'indique le nom du village voisin de Lavey, ainsi qu'un temple dédié à *Hygia*, déesse de la santé, qui s'élevait, dit-on, sur la rive opposée[4]. On se rappelle que la règle primitive des moines d'Agaune leur défendait de passer de l'autre côté du Rhône sans la permission de leur supérieur[5], ce qui peut bien s'entendre

[1] Le même phénomène se répéta en 1835. — Nous tenons de M. le docteur Verdeil, témoin oculaire, que les eaux du Rhône, arrêtées par l'éboulement des terres et des rochers, furent refoulées vers le bord opposé et inondèrent le terrain où on construisit depuis les bains de Lavey.

[2] Cette déviation est attribuée à la catastrophe de 563 par la tradition du pays. (Voyez l'histoire de Saint Sigismond, par le Père *Sigismond Bérodi*, citée plus haut, p. 168.)

[3] Toutes ces évolutions du Rhône, d'Évionnaz à ce pont de Saint-Maurice, sont parfaitement sensibles sur la carte fédérale du général Dufour, portant le nº 17.

[4] *Lavetum*, en latin, de *lavare, se baigner*. On assure que l'église paroissiale de Saint-Maurice a été bâtie sur un ancien temple romain consacré à la déesse *Hygia*. (Voir plus loin.)

[5] *Mabillon*, Ann. Bened. t. I, p. 680. « Navigium ad ulteriorem ripam (Rhodani) transvehere (monachi) non præsumant. »

de ces bains thermaux que les religieux ne devaient fréquenter qu'en cas de maladie.

Quoi qu'il en soit, ces circonstances sembleraient favorables à l'opinion de ceux qui, considérant *Tarnada* et *Agaunum* comme des lieux identiques, soit entre eux, soit avec Saint-Maurice, font remonter cette dernière ville jusqu'aux temps reculés de la domination romaine [1]. On s'appuie pour cela sur des traditions locales qui disent que l'antique chapelle de Saint-Jean l'évangéliste, aujourd'hui l'église paroissiale de Saint-Maurice, fut bâtie sur l'emplacement d'un ancien temple païen dédié à la déesse *Hygia* [2]. Suivant une autre version, la ville d'Agaunum ou de Saint-Maurice aurait pris naissance à la suite des miracles opérés au tombeau du roi martyr Sigismond, dont les ossements avaient été rapportés à Agaune et déposés dans la chapelle de Saint-Jean l'évangéliste vers le milieu du sixième siècle par l'abbé Vénérand [3]. Mais nous ferons remarquer en premier lieu que bien loin d'être une église paroissiale à l'époque de la translation des reliques du roi Sigismond, la chapelle de Saint-Jean n'était qu'un simple oratoire (*sacellum*) dépendant de l'abbaye d'Agaune [4]. En second lieu, le statut synodal qui proscrivait l'établissement de toute espèce de communauté civile dans le lieu arrosé par le sang des martyrs thébéens [5], a dû subsister jusqu'au moment où le relâchement de la discipline et les désordres introduits dans l'abbaye par les abbés laïques (*abba-comites*) eurent fait tomber dans l'oubli l'espèce d'interdit qui s'opposait à l'érection d'un bourg ou d'une ville dans la terre de Vérolliez ou d'Agaune consacrée au culte de ces martyrs.

Ce relâchement ne date que des premières années du neuvième siècle. Après

[1] *Jos. Simleri* Vallesia, lib. I. *Veragri*. « *Tarnada* oppidum hoc nominamus, veterum plerique *Agaunum* nominaverunt. »

[2] Le *P. Sigismond Berodi*, Vie de Saint-Sigismond, p. 287.

[3] Vita S. Sigismundi *apud Bolland* Acta SS. maii, t. I, p. 87. — *Grég. Turon*, de gloria martyrum, lib. I, cap. 75. — *Ado Vienn.* Martyrolog. ad Kalend. maii.

[4] Sanctorum corpora (Sigismundi regis et filiorum suorum) ad *Sanctorum Thebeorum* limina in sacello S. Johannis Apostoli... tradiderunt. » (Vita S. Sigismundi *ap. Bolland*, l. c. p. 85 et 87.

[5] « Ut de *loco* illo quem morte *Thebæi martyres* et effusione sanguinis inclyti... ornaverant, promiscui vulgi habitatio commixta tolleretur .. Igitur visum est ut *remotis familiis secularibus*, etc. »
(Ibid. p. 84.)

avoir donné à son fils Arnoul le gouvernement de l'abbaye d'Agaune (année 817) [1], l'empereur Louis-le-Débonnaire, pour réparer autant que possible les désordres introduits dans ce monastère par ce jeune prince, se vit obligé de lui retirer ce gouvernement, et substitua (année 824) aux anciens moines des chanoines séculiers [2]. Ainsi dépouillée de son ancienne splendeur et de sa discipline primitive, l'abbaye a pu tolérer dans son voisinage les établissements civils qui se seront peu à peu groupés autour de l'antique chapelle de Saint-Jean l'évangéliste dont on a parlé [3]. Les plaintes amères que le pape Benoit III adressa, dans le milieu du même siècle, aux évêques du royaume de Charles-le-Chauve, au sujet du scandaleux gouvernement de l'abbaye sous le fameux duc Hucbert, beau-père du roi Lothaire-le-Jeune, nous montrent le monastère d'Agaunum comme étant devenu l'un des rendez-vous de chasse et de plaisir de ce soi-disant abbé qui n'avait de clérical que la tonsure (*acephalus abbas*). Les chanoines et les prêtres y avaient fait place aux courtisans et aux femmes galantes, et la voix des choristes était couverte par les cris des faucons et les aboiements des meutes de chiens [4].

Sous les rois de Bourgogne-Jurane, l'abbaye d'Agaune devint une résidence royale, et ses biens restèrent pendant près d'un siècle et demi confondus dans le domaine de la couronne [5]. Ce nouvel ordre de choses dut contribuer à accroître la population séculière de Saint-Maurice, qui augmenta à mesure que le nombre des clercs diminuait dans cet endroit [6]. Cependant, vers la fin du dixième siècle et au commencement du onzième, le bourg de Saint-Maurice (*burgum Sancti Mauritii*)

[1] Bulle du pape Léon III, de l'an 816. (*A. J. de Rivaz*, Dipl. t. X, p. 363. — Bulle du pape Pascal Ier, de l'an 817 environ, citée par *P. de Rivaz*, l. c. p. 74. *Arnoul* y est qualifié de *vices gerens abbatis*.

[2] *Gall. Christ. nov.* t. XII, p. 788.

[3] Cette chapelle, aujourd'hui l'église de Saint-Sigismond, est située sur une éminence à l'extrémité sud de Saint-Maurice.

[4] Epistola Benedicti P P. III. « Monasterium sancti gloriosique martyris Mauritii... tanta ferocitate pervasit (Hucbertus) ut nullus religionis in eo ordo servetur. Nam illa quæ Deo ibidem famulantibus ministrari mos erat, ille meretricibus, canibus atque nequissimis hominibus profundebat. (*Mabillon*, Ann. Bened., III, p. 51.) »

[5] Voir divers diplômes de ces rois et princes datés d'*Acaunum* ou *Acauno monasterio*. — *D. Bouquet*, t. IX, et *Gall. Christ. Nov.* t. XII, et *P. de Rivaz*, l. c. p. 76 et 77.

[6] Au commencement du onzième siècle le nombre des chanoines d'Agaune était réduit à *deux*. « Quatenus..... ecclesiæ Agaunensi miserrimæ desolationis jam pœne naufraganti subveniremus. » (Charte de *Rodolfe III*, de l'an 1018, *Gall. Christ.* t. XII. Instr. Col. 427.)

formait encore un enclos entouré de murailles, distinct et séparé du monastère d'Agaune par un espace qu'occupaient des terrains labourés [1]. Ces deux enceintes conservaient chacune leur domination particulière [2]. L'église paroissiale de Saint-Jean l'évangéliste ou de *Saint-Sigismond*, ainsi que l'hôpital de *Saint-Jacques* (*hospitalis S. Jacobi*), destiné à héberger les pèlerins, étaient renfermés dans l'enclos du bourg [3].

Rodolphe III, dernier roi de sa race, ayant été porté vers la fin de son règne agité à restituer à l'abbaye d'Agaune une partie des grands domaines que Sigismond, roi des Burgondes, avait autrefois destinés à l'entretien de ce monastère, rendit à l'abbaye, en 1018, entre autres biens, la moitié des revenus du bourg de Saint-Maurice appartenant au fisc royal avec ses fours et moulins [4]. L'espace qui séparait ce bourg du monastère d'Agaune fut peu à peu rempli par des constructions nouvelles, en sorte que les deux enclos ne formèrent bientôt qu'une seule et même ville, désignée sous le nom de Saint-Maurice. Cette réunion fut consommée [5] par l'acquisition que l'abbaye fit en 1163, de tous les droits ecclésiastiques que les évêques de Sion possédaient ou revendiquaient auparavant sur l'église de *Saint-Sigismond* et son ressort paroissial [6]. L'incorporation de cette paroisse à l'abbaye fut confirmée par une bulle du pape Alexandre III de l'année 1177, qui nous apprend que, vers la fin du douzième siècle, la ville de Saint-Maurice, chef-lieu de la prévôté (*præpositura*) de

[1] Charte de l'an 1003. « Casale *in burgo Sancti Mauritii*... via quæ tendit de *burgo ad monasterium*... *semita* qua protenditur de Clauso (burgi) ad Claustrum... actum Agauno feliciter. » (*Arch. de Saint-Maurice*, et *J. de Rivaz*, Dipl. du Vallais, t. X, p. 101.

[2] Anno 1046. « Casale unum *in burgo Sancti Mauritii* et mansum unum *in Agauno* loco in plano et in *mont Verolsa*. (*P. de Rivaz*, Dipl. n° 62. Arch. de Saint-Maurice.)

[3] Dipl. du roi *Conrad-le-Pacifique* de l'an 985. « Dedit Sancto Mauritio ad hospitale annuatim, etc. » (*A. J. de Rivaz*, Dipl. du Vallais, t. X, p. 81.) — Charte du comte Thomas Ier de 1217. « Hospitalis S. Jacobi apud S. Mauritium... actum Agauno. » (*Guichenon*, t. II, pr. p. 52.)

[4] Dipl. de Rodolfe III, daté d'*Agaunum*, anno 1017. « Damus, imo ab antecessoribus ablata reddimus, ecclesiæ *Agaunensi*, Deo et *S. Mauritio ad mensam fratrum* ibidem famulantium.... *dimiduum burgum* ipsius loci et ibidem *furnum* cum *molendinis* et duas partes thelonei salis. » (*Gall. Christ. Nov.* t. XII. Instr. Col. 427.)

[5] Pour le spirituel, car, au temporel, le bourg ou la ville de Saint-Maurice continua à faire partie du domaine des comtes de Savoie. (Voy. *Guichenon*, t. II, pr. p. 63, anno 1263.)

[6] Echange de la cure de *Saint-Sigismond* contre celle de *Nenda* en 1163. (*A. J. de Rivaz*, Dipl. du Vallais, X, p. 361. *Boccard*, Hist. du Vallais, p. 407.)

ce nom, et, plus tard, capitale du comté, puis duché de Chablais (*Caput-laci*)[1], renfermait déjà plusieurs églises outre celle de l'abbaye ou du Martolet, dédiée, comme on le sait, au glorieux chef de la légion thébéenne ; ces églises étaient celles de *Saint-Sigismond*[2], de *Saint-Laurent* ou *Sainte-Marie* et celle de l'*hôpital de Saint-Jacques*[3].

A cette époque, comme au sixième siècle, la passe de Saint-Maurice (*clusa Sancti Mauritii*)[4] était défendue par une simple porte fermant l'ouverture taillée dans le roc, au travers de laquelle passait la seule route conduisant à ce défilé. On y percevait un péage[5] que la fréquence du passage rendait très-productif. Dans la seconde moitié du douzième siècle, ce péage était affermé aux comtes de Genevois, qui en payaient à l'abbaye un cens annuel[6]. Sur le roc voisin s'élevait, à ce qu'on croit, une tour ronde servant à signaler de loin les convois de pèlerins venant du Nord et des sauniers de Bourgogne[7]. Mais ni alors, ni pendant les deux siècles suivants, il n'est fait mention nulle part d'un château (*castrum*) existant à Saint-Maurice ; dans les chartes du temps, ce lieu est simplement qualifié de ville (*villa*)[8]. Le passage du Rhône, d'une rive à l'autre, s'effectuait au moyen de bacs ou de ponts volants en bois jetés sur le fleuve tantôt plus bas, tantôt plus haut. Ces ponts étaient emportés à chaque inondation un peu considérable, mais aussitôt remplacés par d'autres, dont les forêts du pays fournissaient en abondance les matériaux[9].

[1] *Boccard*, l. c. p. 384.

[2] Le village d'Épenacey (*Spinacetum*) était de la paroisse de Saint-Sigismond, ainsi que celui de Lavey, situé de l'autre côté du Rhône.

[3] Bulle d'Alexandre III de l'an 1177. « Confirmamus locum ipsum in quo *ecclesia Agaunensis* constructa est, cum omnibus pertinentiis suis, *ecclesiam S. Sigismundi* et *ecclesiam S. Laurentii* et *Sanctæ Mariæ* et *hospitale Sancti Jacobi* qui *in villa* ejusdem *Sancti Mauritii* sitæ sunt.

(*A. J. de Rivaz*, l. c. t. X, p. 363.)

[4] *Marius* in Chron. ad ann. 574.

[5] Charte de Rodolfe III de l'an 1018. « *Burgum Sancti Mauritii* et duas partes *thelonei salis*. »

(*A. J. de Rivaz*, l. c. t. X, p. 121.)

[6] Charte d'Amédée, comte de Genève, de l'an 1174. (*A. J. de Rivaz*. Dipl. du Vallais, t. X, p. 409.)

[7] La *Tour ronde*, que M. le chanoine *Boccard* dit avoir existé au treizième siècle (p. 364), ne nous paraît pas autre chose qu'une tour de signaux.

[8] Chartes des comtes Amédée IV et Philippe de Savoie de 1246 et 1273. « Villam Sancti Mauritii Agaunensis... » (*Rymer Fœdera*, t. I, p. 264 et 504).

[9] Un pont semblable jeté près de Saint-Maurice fut emporté par l'inondation de 1469. C'est ce qui engagea l'évêque *J. de Sillinen* à faire construire en 1491 le pont de pierres actuel. Quant au château, il ne fut bâti qu'en 1523. (*Boccard*, l. c. p. 138 et 364.)

Cette digression sur l'origine et les progrès de la ville de Saint-Maurice en Vallais, quoique un peu longue, paraîtra peut-être moins déplacée dans un travail essentiellement destiné à raconter la chute du mont *Tauretunum,* si l'on veut bien considérer que ces renseignements servent à compléter l'histoire topographique du curieux bassin qui fut le théâtre principal de cette mémorable catastrophe.

Avant de terminer cette première partie de notre travail, il est à propos de faire remarquer que Grégoire de Tours paraît avoir été mieux informé des circonstances du sinistre arrivé dans le Vallais en 563 que Marius d'Avenches, quoique cet événement n'ait précédé que d'une quinzaine d'années l'élévation de ce dernier sur ce siége épiscopal [1] voisin de l'évêché de Sion. Grégoire avait puisé ses renseignements aux sources les plus directes et les plus sûres [2]. On a tout lieu de croire qu'il tenait ses informations de l'abbaye d'Agaune, c'est-à-dire de l'endroit le plus rapproché du sinistre. Il raconte lui-même ailleurs que Gontran, roi de Bourgogne, ayant tourné à la dévotion [3], dépêcha à Saint-Maurice un prêtre avec mission de lui rapporter les reliques des martyrs thébéens [4]. A son retour, ce prêtre fut sans doute accompagné par plusieurs religieux du monastère d'Agaune, qui se rendirent à la cour, soit pour remercier le roi des présents dont il avait chargé pour eux son envoyé, soit pour établir à Saint-Marcel de Châlons et à Sainte-Benigne de Dijon la *psalmodie perpétuelle* que ce monarque y institua à l'instar de celle qui s'observait à Agaune [5].

[1] *Marius* naquit à Autun en Bourgogne en 532; il devint évêque d'Avenches dans la Transjurane en 573, et mourut en 598, suivant M. de Lentzbourg (*Lausann. Christ.* mss.). — Mais, *selon la Chron. des évêques de Lausanne*, il naquit en 537; son avénement ne daterait que de l'an 581, et il ne serait mort qu'en l'année 601, le 18 février. (*Cartul. de Laus.* p. 30.)

[2] *Hist. Francor.* lib. IV, cap. 31. (*Ap. Guadet*, t. II, p. 84-86.) Grégoire de Tours rapporte la chute du mont *Tauredunum* immédiatement après avoir parlé de l'invasion que Sigebert, roi d'Austrasie, fit en Provence en 563, date qui coïncide absolument avec celle que Marius assigne à la chute de cette montagne.

[3] Vers l'an 579, époque où Gontran tint un fameux concile à *Châlons-sur-Saône*. (*Art de vérifier les dates*, t. I.)

[4] *Greg. Turon.* De gloria mart. lib. I, cap. 76. « Accidit ut (Gunt-Chramnus), misso presbytero.... fratribus Agaunensibus.... ut ad eum rediens, sanctorum sibi reliquias exhiberet. Igitur dum.... cum his regrederetur..... Lemanni laci navigium petit, etc. » (*Apud Guadet*, l. c. t. IV, p. 231.)

[5] *Mabillon*, Ann. Bened. t I, p. 174. Ces trois monastères furent pendant quelque temps soumis aux mêmes abbés.

Ainsi, le célèbre historien des Francs a eu divers moyens d'être bien informé de toutes les circonstances locales et accidentelles de la chute du mont Tauredunum [1].

SECONDE PARTIE.

Jusqu'ici nous n'avons guère envisagé l'événement qui nous occupe que dans ses rapports avec le bassin supérieur de Saint-Maurice; resterait à rendre compte de ses effets dans la plaine du Rhône et sur les bords du Léman, et des désastres produits par l'inondation générale et subite dont parlent les historiens contemporains qui, jusqu'ici, ont été nos principaux guides. Mais, pour cela, il faudrait savoir quel était au sixième siècle l'état physique de la plaine du Rhône; et, à cet égard, ces historiens ne nous fournissent aucune lumière quelconque. D'un autre côté, les observations faites de nos jours par des hommes très-compétents [2] indiquent que la plaine, qui s'étend de Saint-Triphon au lac, a éprouvé des changements considérables, soit en ce qui touche le niveau de son sol marécageux, soit en ce qui concerne le cours du Rhône et le lieu de son embouchure dans le Léman. On a reconnu des deux côtés de cette plaine des traces de plusieurs éboulements partant des montagnes voisines, qui peuvent avoir modifié le cours du fleuve et des torrents qui s'y précipitent. Mais on n'est point suffisamment éclairé sur l'époque où tous ces changements se sont opérés, et il n'est guère possible d'en rien conclure au sujet de la question qui forme le sujet principal du présent mémoire.

[1] Quoique sujet du roi Childebert, Grégoire de Tours eut de fréquents rapports avec Gontran, roi de Bourgogne. (Voir l'avant-propos de l'édition de *Grég de Tours*, par *Guadet*, t. I, p. 13.)

[2] Voy. Remarques de *Fatio de Duillier* sur le lac de Genève (dans *Spon*, hist. de Genève, in-4°, t. II, p. 449 et suiv.) — *Venetz*, Rapport sur l'assainissement de la plaine du Rhône (Lausanne, 1843.) — *Rod. Blanchet*, Essai sur l'hist. naturelle du Léman. (Vevey, 1844.)

Laissant à d'autres le soin d'étudier ces questions ardues et compliquées, nous nous contenterons de réunir ici les renseignements épars que nous avons pu recueillir sur la topographie de la plaine du Rhône au moyen-âge, et sur l'origine des principaux bourgs ou villages renfermés dans cette plaine ou bâtis à la tête du lac. Nous ferons remarquer d'abord que l'évêque d'Avenches, *Marius*, parlant de la catastrophe de l'an 563, donne au Léman *soixante milles* romains de long sur *vingt milles* de large [1]. En ce qui concerne l'étendue du lac, cette évaluation suppose que Marius a entendu parler de la distance qui sépare Villeneuve de Genève, en suivant les contours de la *rive septentrionale*, distance qui est effectivement d'environ dix-huit lieues et demie suisses. Quant à la largeur, que le chroniqueur porte presque au double de ce qu'elle est réellement [2], l'erreur provient, sans doute, de ce que les anciens géographes se représentaient le Léman sous la forme d'un *arc*, dont la côte méridionale formerait la corde [3], tandis que sa forme se rapproche plutôt de celle d'un croissant. Quoi qu'il en soit, l'erreur de Marius se rectifie par Grégoire de Tours, son contemporain, qui, à propos d'une autre circonstance, parle de l'étendue du Léman, auquel il ne donne que quatre cents stades ou cinquante milles en longueur, sur une largeur de cent cinquante stades, soit environ dix-neuf milles romains [4]. Mais cet historien fait entendre que la longueur qu'il indique est calculée en faisant le trajet par eau de Genève a Villeneuve [5]. La différence de ces mesures, soit qu'on les compare entre elles, ou avec l'étendue réelle de la surface du Léman, est donc plus apparente que réelle. On aurait tort, par conséquent, de vouloir inférer du texte de Marius, que le lac était, au sixième siècle, plus long qu'aujourd'hui [6]; les observations récentes tendraient

[1] *Marius*, l. c. « Lacum in longitudine *LX millium*, et in latitudine *XX millium* totum movit, etc. » C'est-à-dire, dix-huit lieues et demie suisses de long sur six lieues de large. La lieue suisse est de 4,800 mètres.

[2] *Levade* (Dict. du Canton de Vaud) évalue la plus grande largeur, entre *Rolle* et *Thonon*, à 7,500 toises de six pieds. — M. *Leresche* (Dict. de la Suisse) ne compte que 7,150 toises ou environ trois lieues entre ces deux endroits, ce qui ne revient qu'à onze milles romains.

[3] Voyez la *carte théodosienne*, appelée aussi carte de *Peutinger*, où le lac Léman est représenté sous la forme d'un *ovale* très-allongé.

[4] *De gloria martyr.*, lib. I, cap. 76. (Edit. *Guadet*, t. IV, p, 231.)

[5] *Ibidem*. « Lemanni laci navigium (presbyter) petit. »

[6] Voy. *Bridel*, Conserv. Suisse, t VII, p. 191, qui paraît avoir suivi l'opinion accréditée dès l'an 1699 par *Fatio de Duillier*. (Voir *Spon*, hist. de Genève, in-4°, t. II, p. 453.)

plutôt à favoriser l'opinion contraire [1]. A la vérité, les cartes du Léman, publiées dans le seizième siècle, représentent le lac comme se prolongeant dans la vallée du Rhône jusqu'au-dessus de Monthey en un long golfe ou chenal assez semblable à celui qu'on appelle le *petit lac*, et qui forme l'extrémité de ce bassin du côté de Genève [2]. Mais il est à présumer que les géographes de ce temps-là ont pris pour un prolongement du lac le réseau marécageux formé par les divers bras du Rhône, entrecoupé de bas-fonds ou d'îles inondées par les eaux du fleuve.

Les sables et les débris terreux que le fleuve entraîne vers son embouchure, et que les vagues du lac, agitées par les vents d'ouest, font refluer contre le rivage de Villeneuve, forment, de temps à autre, des atterrissements, qui ont fait supposer à quelques observateurs modernes [3], que le lac s'avançait autrefois jusqu'à l'endroit appelé *Port-Vallais* (en latin *Portus-Vallesiæ*), placé sur la rive gauche du Rhône à une demi-lieue au-dessus de son embouchure dans le lac. Mais le nom donné à cet endroit, qui n'a jamais été considérable et qui ne paraît pas même fort ancien, ne saurait être d'aucun poids dans cette question, car le mot de *portus* peut aussi bien s'entendre d'un passage ou d'un port sur le Rhône [4], que d'un embarcadère sur le lac.

Quoi qu'il en soit, Marius et Grégoire de Tours nous disent l'un et l'autre, que l'inondation qui suivit la chute du mont *Tauredunum*, et qui submergea les bords du Rhône et du Léman jusqu'à Genève, fit disparaître un grand nombre de bourgs et de villages fort anciens, avec hommes et troupeaux, et entraîna la ruine de plusieurs endroits sanctifiés par la dévotion des fidèles [5]. Mais ni l'un ni l'autre ne

[1] Voir l'Essai sur le Léman, par M. *Rod. Blanchet*, déjà cité.

[2] Voy. la Chron. de *Stumpf*, imprimée en 1548, livre VIII, p. 246. Mais, dans le texte (p. 268), le chroniqueur n'évalue la distance de Genève à Villeneuve par la rive septentrionale qu'à *dix milles d'Allemagne*, et celle de Genève au Bouveret à *sept milles;* il donne au lac d'un à deux milles de largeur. — *Munster*, dans sa Cosmographie (publiée à Bâle en 1559), lib. 3, donne au lac huit milles d'Allemagne de longueur sur trois milles de large.

[3] *Fatio de Duillier*, l. c. — *De Saussure*, Voyage dans les Alpes, t. I, p. 6.

[4] Le passage du Rhin entre Mayence et Spire est appelé *Portus-Rheni* par *Eginhard*, Edit. Teulet, t. II, p. 202, 382. — La ville de *Port-sur-Saône* se nommait *Portus-Buccinus* en latin (*Walkenær*, t. I, p. 321.)

[5] *Marius* in Chron. Anno Basilii XXII. Indict. XI (i. e. anno chr. 563) : « Vicos antiquissimos cum omnibus ibidem habitantibus et pecoribus vastasset; etiam multa sacrosancta loca demolisset, et pontem Genavacum per vim dejecit. » — *Greg. Turon*, hist. Franc. lib. IV, c. 31. « Homines enecavit, do-

nomment ces localités détruites, en sorte qu'on est réduit à faire à ce sujet des conjectures plus ou moins probables.

A l'exception des deux stations romaines de *Tarnada* et de *Pennelocus*, dont la ruine paraît déjà remonter au cinquième siècle, la plupart des bourgs et villages de la plaine du Rhône et du Bas-Vallais mentionnés dans l'histoire et les documents antérieurs, se retrouvent debout après comme avant la catastrophe du sixième siècle. Le plus important de ces documents est sans contredit la charte de restauration et de dotation octroyée en 516 à l'abbaye d'Agaune par le roi Sigismond [1], en ce qu'elle nous fait connaître la plupart des endroits habités de quelque importance existant alors entre Martigny et la tête du lac Léman [2]. Il est à remarquer que ces deux localités ont toujours formé depuis lors les limites *sud et nord* du territoire immédiat de l'abbaye, territoire qui, sous les rois de Bourgogne de la dynastie rodolfienne, fut appelé *Comté de la Tête du lac* (*Comitatus Caput-laci* [3]) et *Prévôté de Saint-Maurice* (*Præpositura Agaunensis*) sous le régime féodal [4].

Voici les endroits compris dans ce territoire que la donation du roi Sigismond désigne nominativement, et qui sont qualifiés de *courtines* ou fermes royales (*regiæ curtes*) dans ce célèbre document de l'an 516 : en partant de Villeneuve, soit de la Tête du lac (*Caput-laci*), et en remontant la vallée du Rhône jusqu'à Martigny, on trouve sur le bord oriental de cette vallée *Aulonum*, Ollon, et *Villiacum*, Villy ; sur le bord occidental du fleuve *Vobregium*, Vouvry, *Auctanis*, Octans ou Autans, et sur la montagne *Octonellum*, Autanelle, et *Silvanum* ou Salvans [5]. A ces noms il faut ajouter celui du village de Bex, qui n'est point nommé dans la charte de dotation de l'abbaye d'Agaune, et qui, plus tard, a appartenu à l'église épiscopale de

mos evertit, jumenta delevit et quæ cuncta littoribus illis insidebant usque ad Genevam civitatem, violenta atque subita inundatione subvertit. » (l. c)

[1] Charte de dotation et de restauration de l'abbaye d'Agaune, mai 516. (*Gall. Christ. Nov.* t. XII. *Instr.* p. 421 et suiv.)

[2] *Ibidem.* « A Capite laci usque ad Martiniacum. »

[3] Voy. *Boccard*, hist. du Vallais, p. 384.

[4] Charte d'Amédé III, comte de Savoie, de l'an 1143. (*Guichenon*, Hist. de Savoie, t. II, *Pr.* p. 34.)

[5] Nous suivons la copie authentique du douzième siècle de la charte de 516, conservée dans les *archives de Saint-Maurice en Vallais*, les noms des localités ayant été reproduits d'une manière peu exacte et confuse dans la version publiée par les auteurs de la *Gall. Christ. Nov.* l. c.

Sion [1]. *Villa-Baccis*, Bex ou Bévieux, est cependant mentionné par *Marius* comme l'endroit proche duquel les Lombards furent taillés en pièces par les Francs en 574 [2], c'est-à-dire onze ans après la catastrophe de l'an 563. Tous les bourgs et villages que nous venons de nommer se retrouvent plus tard à peu près dans les mêmes emplacements où ils étaient avant cette catastrophe, à l'exception du bourg de *Juviana*. Suivant l'opinion répandue dans le pays, *Juviana*, détruit au sixième siècle, aurait été remplacé par le village actuel d'Évionnaz [3].

Par contre, toutes les localités situées en dessous d'Agaune, des deux côtés de la plaine du Rhône, paraissent avoir échappé à la débâcle du fleuve débouchant de l'étroite gorge de Saint-Maurice. Il est au moins certain que ces anciennes localités subsistèrent, comme auparavant, et que les chartes de l'abbaye nous montrent ces mêmes villages comme très-florissants aux dixième et onzième siècles [4]. On remarque en outre que le milliaire placé actuellement dans l'église d'Ollon, et qui marque la distance de dix-sept milles romains, à compter d'Octodurum, a été déterré entre Ollon et Saint-Triphon, c'est-à-dire à l'endroit que ce monument devait occuper sur la chaussée romaine avant d'avoir été renversé. Il en est de même de la colonne qui supporte aujourd'hui le lavoir public de la fontaine de Villeneuve. Cette colonne indique la distance de vingt-six milles qui sépare cette petite ville de celle de Martigny [5], et il est assez surprenant qu'elle n'ait pas été précipitée dans le lac par le torrent de l'inondation.

Ne devrait-on pas conclure de ces divers faits, que la débâcle de 563 ne fut ni aussi subite, ni aussi violente qu'on pourrait le supposer d'après le récit de Grégoire de Tours [6]? Ou bien il faudra admettre que le torrent de l'inondation se porta vers

[1] *Boccard*, hist. du Vallais, p. 349. Cependant, *Grion*, *Sallaz* et *Antagne* ont toujours appartenu à l'abbaye de Saint-Maurice (p. 354).

[2] *Marius* ad ann. 574.

[3] *J. P. de Rivaz*, Martyrs Thébéens, l. c. p. 72. — *Boccard*, l. c. p. 364.

[4] Chartes des archives de Saint-Maurice de l'an 921. « *In pago Caput Lacensis*, in villa, *Vuovreia*. (*A. J. de Rivaz*. Coll. Dipl. t. X, p. 61.) — Charte du roi Rodolfe III de l'an 1018. « *Vouvregium*, *Olonum*, *Villiam*, etc. » (*Gall. Christ. Nov.* t. XII, col. 427.)

[5] *Levade*, Dict. du Canton de Vaud, p. 228 et 349. — *Orelli*, Inscr. Helvet. n° 139, p. 45, et n° 143, p. 46.

[6] *Gregor. Turon*, Hist. Franc. lib. IV, c. 31. « Adcumulata aqua erumpens deorsum,.... ut desuper fereret,.... cuncta violenta atque subita inundatione diripuit atque subvertit. (l. c. t. II, p. 86.)

le côté occidental de la plaine du Rhône, et ravagea principalement les quartiers d'en bas du dizain actuel de Monthey. L'église et le bourg de Vouvry auront seuls été préservés par leur situation plus élevée [1] des atteintes du fléau destructeur qui, dans les localités inférieures, détruisit et emporta tout ce qu'il rencontra sur son passage.

Nous avons fait entendre plus haut que la destruction de la station romaine de *Pennelocus* était probablement antérieure à la catastrophe du sixième siècle. En effet, l'endroit correspondant à cette station avait déjà changé de dénomination au commencement du même siècle. Il est mentionné dans la charte de dotation de l'abbaye d'Agaune de l'an 516, sous le nom de *Caput-laci* [2], que ce lieu portait encore vers la fin du huitième siècle, lorsque des religieux, chargés de la translation des reliques de Saint-Marcellin, martyr, passèrent avec leur précieux fardeau à Agaune, et, de là, à l'endroit appelé *Caput-laci*, puis à Vevey [3] (*Bivium*), où les deux routes, conduisant l'une en Allemagne et l'autre en France, se séparaient jadis de même qu'aujourd'hui [4].

Il est vrai qu'on a découvert depuis peu d'années, sous une couche de limon de sept à huit pieds de profondeur, des briques et débris de poterie romaine dans l'endroit appelé la *Grange aux Tilles*, entre Rennaz et Villeneuve, soit à environ cinq cents toises de cette dernière ville, où le milliaire romain qui marquait l'emplacement de *Pennelocus*, a été trouvé autrefois. Mais on a remarqué en même temps que ces débris reposaient, non pas sur un sol battu ou pavé, mais sur un ancien gazon, qui formait probablement la superficie du sol avant que des inondations réitérées eussent produit l'exhaussement actuel du niveau de la plaine [5]. Cette circonstance semblerait indiquer que ces débris appartenaient à des constructions

[1] L'église de Vouvry est placée sur les dernières pentes de la montagne de *Chaumeny* à environ quatre-vingts mètres au-dessus du Rhône. (*Carte fédérale*, nº XVIII.)

[2] *Diplôme du roi Sigismond* de l'an 516, d'après la copie des archives de Saint-Maurice. « *A* CAPITE LACI *usque ad Martiniacum.* » Ce passage a été omis dans la *Gall. Christ*, l. c.

[3] « *Ex translat. Beat. Martyr. Sancti Marcellini et Sancti Petri*, nº 827, § 14. « *Ubi autem locum qui* CAPUT LACI *vocatur prætergressus est, Bivium.... attigit.* » (*Egivhardi opera*, Edit. *Teulet*. Paris, 1843, t. II, p. 202.)

[4] *Bivium* de *bis* et *via*; *quadruvium* (*prope Gebennam*) de *quatuor* et *via*.

[5] Observation de M. *Rod. Blanchet* dans le mémoire déjà cité.

déjà tombées en ruine, lorsqu'elles furent ensevelies sous les couches épaisses de limon argileux qui recouvrent ces débris.

Quoi qu'il en soit, on sait que les stations romaines (*stationes*) étaient toujours placées en dehors des villes et des bourgs fermés, afin qu'on pût y aborder jour et nuit [1]. C'est pourquoi on doit chercher l'emplacement de l'ancien bourg de *Pennelocus*, non à Villeneuve même, mais sur une colline voisine que coupe le torrent de la Tinière [2]. Cette colline élevée, appelée *Combe de la Tinière* ou *la Mauraz* par les gens du pays, est occupée aujourd'hui en partie par des vignes, et en partie par le nouvel *hôtel Byron*, d'où la vue embrasse tout le bassin du Léman. Les nombreux vestiges de constructions et d'antiquités romaines trouvés à différentes époques dans ce lieu, semblent prouver que là se trouvaient les édifices sacrés et les étuves de *Pennelocus* [3], tandis que les bâtiments affectés au service des postes (*cursus publicus*) étaient placés au bord du lac à l'endroit où le vingt-sixième milliaire a été retrouvé [4].

Les ruines romaines de la Muraz étaient ensevelies dans des couches de débris carbonisés [5] qui indiqueraient que l'ancien *Pennelocus* a été détruit non à la suite d'un éboulement ou de l'inondation, mais par un violent incendie. Ce sinistre antérieur au sixième siècle doit, selon toute probabilité, être attribué à l'irruption des peuples barbares du Nord, qui ravagèrent les bords du Léman et la grande vallée du Rhône dans le premier quartier du cinquième siècle [6].

Cependant, comme l'ancienne route militaire et commerciale, tendant de l'Italie en France et en Allemagne par les Alpes Pennines, continua pendant le moyen-âge à être très-fréquentée, les principales stations établies par les Romains sur cette voie dans le Vallais et sur les bords du Léman, durent être remplacées par des

[1] Voy. *N. Bergier*, Hist. des grands chemins de l'empire (lib, IV, ch. 9, t. II, p. 638)

[2] Voy. *Bridel*, Cons. Suisse, t. X, p. 202. Le torrent de la *Tinière*, qui descend des *Alpes de Chaudes* (*Chagis*, en 1150), tombe dans le lac à deux cents toises environ de l'église de Villeneuve.

[3] *Bridel*, Ibidem, et *Orelli*, Inscript. Helv. p. 46.

[4] *Orelli*, l. c. p. 45. — C'est ainsi qu'on peut concilier les opinions du docteur *Levade*, qui met *Pennelocus* à Villeneuve (*Dict.* p. 348), et du doyen *Bridel*, qui le place à *La Muraz*. (*Conserv.* t. X, p. 202.)

[5] *Bridel*, ubi supra.

[6] On assure que *Saint-Florentin*, évêque du Vallais (de 391 à 418) fut martyrisé à *Saint-Pierre de Clages*, près de Sion, par les Vandales. (*Gall. Christ. Nov.* t. XII, p. 736.

hospices ou d'autres établissements publics plus ou moins rapprochés de ces anciennes stations, mais qui changèrent plus d'une fois de nom et même de place durant cette seconde période.

La station désignée dans les itinéraires de l'empire sous le nom de *Summum Penninum*[1] fut remplacée, au commencement du neuvième siècle, par un hospice et un petit monastère construits au bourg actuel de *Saint-Pierre d'Entremont,* à la descente du Mont-Joux[2]. Ce monastère, dont la fondation est attribuée soit à Charlemagne lui-même, soit à l'empereur Louis, son fils, fut détruit, au milieu du dixième siècle, par les Sarrazins qui s'étaient rendus maîtres des Alpes Graïes et Pennines[3]. Le grand hospice, fondé au sommet de la montagne par Saint-Bernard de Menthon, vers le milieu du onzième siècle, remplaça plus tard celui de Saint-Pierre[4].

Le *Forum Claudii Vallensium* des Césars ayant été détruit au cinquième siècle par les débordements de la Dranse[5], les habitants étaient allés fixer leurs demeures à un mille au delà contre le pied de la montagne où l'on trouve aujourd'hui Martigny-le-Bourg, qui paraît être l'*Octodurum* du moyen-âge[6]. Vers la fin du même siècle, l'ancien *Forum* des Romains sortit de ses ruines sous la forme d'une ville ouverte, qui fut appelée Martiguy-la-Ville[7]. Située dans la plaine, à la croisée des routes du Haut et du Bas-Vallais[8] et des Alpes Pennines ou du Grand-Saint-Bernard,

[1] Cette station, placée à vingt-cinq milles pas d'*Octodurum*, devait se trouver plus bas que le sommet du col où s'élève le couvent actuel du Saint-Bernard, la vingt-quatrième pierre milliaire ayant été déterrée à Saint-Pierre. (*Orelli*, Inscr. Helvét. p. 10.)

[2] La *chronique des évêques de Lausanne* dit positivement que *Hartmann*, promu à ce siége en 851, était auparavant « *elemosynarius sancti Petri montis Jovis,* » (*Cartul. de Laus.* p. 8) et non du Saint-Bernard, comme il est dit par erreur à la page 34. — On sait que l'hospice élevé au haut de la montagne avait pour patron *Saint-Nicolas* et non pas *Saint-Pierre*, patron du bourg de ce nom.

[3] *Boccard*, Hist. du Vallais, p. 399. — *Orelli*, Inscr. Helvét. n° XII.

[4] En 1027, l'hospice actuel ou n'existait pas encore, ou était au pouvoir des brigands qui s'en étaient emparés. (*Boccard*, p. 40-41.)

[5] Vers l'an 432. (*Boccard*, hist. du Vallais, p. 402.) Il était situé dans le quartier de *Martigny-la-Ville*. (*Orelli*, l. c. p. 8), où se trouve l'église paroissiale appelée *Ecclesia S. Marie Octodurensis* et *Ecclesia S. Marie Martiniaci* au douzième siècle. (*Bulles pap.* de 1168 et 1177, *A. J. de Rivaz*, Dipl. t. X, p. 373.

[6] Voyez *Boccard*, l. c. p. 357.

[7] *Martiniacum* en latin. Cet endroit, qu'on nomme aujourd'hui *Martigny-la-Ville*, est mentionné sous ce nom dans la charte du roi Sigismond de l'an 516.

[8] Le milliaire déterré à Sion (*Bridel*, Vallais, p. 217) indique l'existence d'une route romaine qui aurait traversé le Haut-Vallais.

cette ville dut renfermer des hôtelleries et des hospices destinés à héberger les voyageurs de toute condition qui fréquentaient ces routes, à l'instar des édifices du même genre qui existaient dans le défilé de Saint-Maurice [1], depuis la ruine de *Tarnada* détruite par les barbares du Nord en même temps que *Pennelocus*.

Au lieu de cette dernière station romaine, placée à l'extrémité nord de la plaine du Rhône, on trouve, dès le sixième siècle, un endroit appelé *Caput-laci*, dont on a déjà parlé et dont la fondation remonte à la domination burgonde [2]. Le nom de cette bourgade indique clairement qu'elle avait été bâtie à la *tête du lac;* resterait à savoir si elle occupait le même emplacement que l'ancien Pennelocus. Pour éclaircir cette question, on doit se rappeler que l'endroit (*locus*) nommé *Caput-laci* en 827, dans la translation des reliques de Saint-Marcellin, existait en même temps que la tour caverneuse (*specus*) qui, en 830, servit de prison au comte Wala, que l'empereur Louis, son parent, y retint dans une dure captivité [3]. Cette forte tour était assise sur un rocher baigné de trois côtés par les eaux du Léman [4], à l'extrémité du promontoire formé par le mont *Souchaud* qui s'avance à la tête du lac. Quoique le nom de ce fort ne soit pas indiqué dans la vie de Wala, écrite par *Pasquase Radbert*, qui visita ce personnage dans sa prison [5], la manière dont les voyageurs chargés du transport des reliques de Saint-Marcellin parlent de l'endroit appelé *Caput-laci*, qu'ils traversèrent avant d'arriver à Vevey [6], ferait supposer que c'est effectivement Chillon qu'ils ont voulu désigner [7]. A l'appui de cette conjecture, nous ferons remarquer que ces voyageurs n'ont guère pu passer par l'étroit défilé (*clusa*), dont ce château ferme l'entrée, sans y avoir été

[1] La légende des martyrs Thébéens écrite par *Saint-Eucher* (année 480 environ), parle de l'hôtellerie (*diversorium*) située à quelque distance de la basilique d'*Agaunum*. (*P. de Rivaz*, Lég. Théb. p. 322.)

[2] Cet endroit est mentionné dans la célèbre charte d'Agaune, de l'an 516. (l. c.)

[3] Voyez *Chillon* par M. *Louis Vulliemin*. Lausanne, 1851, 1 vol. in-12, p. 12 et suiv.

[4] *Pasc. Radbertus in vita Walæ*. « Nisi quod ibi (in arctissima specu) cœlum et *Penninas Alpes*, necnon *Limannium lacum* cernebat. » (*Pertz*, Monum. Germ. t. II, SS, p. 559.) Le mont *Souchaud* (*Subtus Chagis*) est le prolongement des Alpes de Naie qui dominent Montreux.

[5] *Pertz*, l. c. p. 558.

[6] On observe dans le récit de la translation des reliques de Saint-Marcellin en 827 (*Eginhardi opera*, l. c. t. II, p. 202), que les porteurs de ces reliques, venant d'Agaune, traversèrent l'endroit appelé *Caput-laci* immédiatement avant d'arriver à Vevey (*Bivium*).

[7] *Chillon*, par M. *Louis Vulliemin*, p. 81, note 2.

arrêtés et même visités par ceux qui en avaient la garde, et que ce n'est qu'à dater du douzième siècle qu'il reçut le nom de *Chillon*, sous lequel il est devenu si célèbre dans notre histoire nationale [1]. Il est au moins certain, d'un côté, que l'endroit appelé *Caput-laci* communiqua son nom à toute la vallée du Rhône dont cet endroit était considéré comme le chef-lieu [2], et que, d'un autre côté, le château de Chillon jouissait de la même prérogative sous le régime féodal, et embrassait dans son ressort tout le *Chablais* proprement dit [3].

Il est fort probable qu'au neuvième siècle il existait aussi une bourgade du nom de *Caput-laci* près du donjon, dans l'emplacement où Pierre de Savoie fonda, au treizième siècle, le bourg de Chillon (*burgum Chillionis*) [4]. Quoi qu'il en soit, le bourg et le château en question paraissent avoir été ruinés vers le milieu du dixième siècle par les bandes sarrazines, qui, après avoir détruit l'hospice de Saint-Pierre du mont Joux, saccagèrent tout le Bas-Vallais [5], incendièrent l'abbaye royale de Saint-Maurice d'Agaune [6], et étendirent leurs déprédations dans la vallée du Rhône et sur les deux rives du Léman.

Lorsque, sur la fin du même siècle, le Vallais, la Savoie et les bords du lac eurent été délivrés du voisinage de ces hordes pillardes et dévastatrices, qui, pendant plus de trente ans, avaient intercepté tous les passages des Alpes Pennines et Grecques [7], les prélats et les grands s'occupèrent à relever les églises et les bourgs détruits par les Maures [8]. Hugues, évêque de Sion, et parent du roi Rodolfe III,

[1] La plus ancienne charte qui fasse mention de ce château, sous le nom de *Castrum de Chillion*, est la donation faite, en 1150, par le comte Humbert III de Savoie à l'abbaye de Haut-Crêt, de la vallée voisine de la Tinière et des Alpes d'où ce torrent tombe dans le lac. (*Cibrario* Docum. Sigil. p. 62.)

[2] Pagus *Caput Lacensis* en 921. — *Caput Laci*, anno 1018. — S. Mauritius *de Caplatio* en 1179. (*Chartes de Saint-Maurice*, et *Boccard*, l. c. p. 384.) De ces divers noms s'est formée par corruption la dénomination moderne de *Chablaisium* ou Chablais, comme celle du bourg de *Capolago* sur le lac de Côme.

[3] *Cibrario*, Stor di Savoia, t. III, p. 47

[4] Voy. *Chillon*, par M. *Louis Vulliemin*, p. 307.

[5] Inscription de Saint-Pierre du Mont-Joux des dernières années du dixième siècle. « Ismaëlita cohors Rhodani cum sparsa per agros, igne, fame, et ferro sævirct tempore longo, etc. »
(*Boccard*, Hist. du Vallais, p. 399.)

[6] *Vita S. Ulrici Augustensis episcopi* ad ann. 942. « Agaunensium monasterium a Sarracenis exustum invenit.... » (*Pertz*, Monum. Germ. SS. t. IV, p. 404.)

[7] Voy. *Reynaud*, Invasion des Sarrazins, IIIe part. p. 179 et suiv.

[8] Voy. l'Inscription de Saint-Pierre de Mont-Joux citée plus haut. « Hugo, præsul Genevæ.... struxerat hoc templum Petri... » (*Boccard*, l. c.)

tenait de la libéralité de ce monarque les domaines dépendants du château et du bourg ruinés de la Tête du lac. Ce prélat fit bâtir une vaste métairie vers l'embouchure du torrent de l'Eau-Froide sur les ruines de l'ancien *Pennelocus* [1], à la pointe opposée du golfe dont le rocher de Chillon forme la pointe septentrionale. Ce nouvel endroit fut appelé *Compendiacum* en latin, et *Compengié* en langue romane, dénomination sous laquelle nous le trouvons mentionné dans une charte de l'an 1005 [2]. Ce curieux document parle du Grandchamp et du Château (*Castellare*) voisin comme de simples dépendances du domaine (*villa*) de Compengié [3]. Le château était très-probablement démantelé et inhabité, et les terrains voisins (*agri*) abandonnés au labourage. Tel est au moins l'état où se trouvaient encore les terres des deux côtés du torrent de la Tinière au milieu du douzième siècle, lorsque le comte Humbert III de Savoie en fit don aux moines de Haut-Crêt [4]. Cette donation fut confirmée au commencement du treizième siècle par son fils le comte Thomas, qui y ajouta nominativement Grandchamp, à la condition d'y planter de la vigne [5]. Il suit de là que les localités habitées qui avaient pu exister auparavant dans le golfe qui s'étend de Villeneuve à Chillon, avaient successivement disparu, et que les hameaux qu'on y trouve maintenant sont d'une date plus récente [6].

Dans l'intervalle, le château de Chillon, relevé de ses décombres par les comtes de Maurienne [7], avait été détaché de la terre de Compengié sous le nom qu'il a tou-

[1] C'est-à-dire, là où dèvait se trouver la maison de poste (*mutatio*) de *Pennelocus*, et où l'on trouve maintenant l'église paroissiale de Villeneuve.

[2] Charte de Hugues, évêque de Sion, de l'an 1005. « In comitatu Valdensi, *in villa Compendiaco*, etc. (*A. J. de Rivaz*, Dipl. du Vallais, t. X, p. 105.)

[3] *Ibidem.* « In villa Compendiaco *agrum* unum qui *Grandiscampus* nominatur et *Castellare* prænominatæ conjacens villæ. » *Grandchamp*, territoire de la commune de Veytaux où l'on trouve un moulin à plâtre en sortant du défilé de Chillon du côté de Villeneuve.

[4] Charte de l'an 1150. « Locum *de Tinieres* et *totam vallem*... ad levam et ad dexteram vallis, sicut aquæ descendunt. » C'est-à-dire *Muraz* et la *Combe de la Tinière* jusqu'à l'Alpe de Chaudes iuclusivement. (*Cibrario*, Docum. Sigil. p. 62.)

[5] Charte du comte Thomas Ier, de l'an 1214. « Nos dedisse conventui de *Alcrest* terram qaæ appellatur *Grandis Campus*, juxta *castrum de Chillon*, tali modo ut si vineam facerent. (*Cibrario*, l. c. p. 116.)

[6] La charte du comte Humbert de 1150 ne mentionne qu'un seul endroit au bord du lac appelé *Repo sorium*, qui peut signifier également un cimetière et une maison de refuge. (*Ducange*, Gloss. N. voc.)

[7] Le comte Humbert y tenait déjà un capitaine (*custos*). (*Cibrario*, l. c. p. 63.) Le comte Thomas Ier y mit un châtelain (anno 1198, *P. de Balma castellanus de Chillon*). (*A. J. de Rivaz*, t. X, p. 503) et en

jours porté dès lors. La *villa*, dont il dépendait auparavant, était devenue une bourgade assez populeuse pour réclamer la construction d'une église paroissiale dont l'évêque de Lausanne Landri donna le patronat et la fabrique à l'abbaye de Hautcrêt en 1166[1]. C'est aux religieux de cette abbaye de Citeaux, fondée trente ans auparavant dans le Jorat près de Palésieux, que l'on doit, si ce n'est la première fondation, au moins la reconstruction de l'église paroissiale de Compengié[2]. Ce sont ces religieux qui défrichèrent de nouveau et peuplèrent de colons les côteaux situés des deux côtés du torrent de la Tinière entre Chillon et Villeneuve. Dès la fin du douzième siècle, ils avaient déjà construit dans ces quartiers abandonnés plusieurs *granges* ou habitations rustiques, défriché le sol inculte et planté de la vigne dans les localités les mieux exposées[3]. De nombreux colons, attirés par la douceur du climat et la fertilité du terrain, comparé avec la rigueur de celui de la montagne et l'insalubrité de la plaine du Rhône, étaient venus se fixer autour de ces granges bâties par les *moines blancs* du Jorat. Au milieu du siècle suivant, plusieurs hameaux s'étaient déjà formés à *Grandchamp*, au *Reposoir de la Tinière*, à *la Muraz* et *en Barma*, près de Villeneuve[4], ainsi qu'à *Plancudray* et à *Vuadens*, au revers du mont Souchaud[5]. Indépendamment de la vigne, cultivée sur les côteaux qui dominent le lac, ces nouveaux colons se livraient à la culture des fèves, de l'orge et de l'avoine[6].

outre un *receveur* (*Wilbertus minister de Chillon*), année 1214. (*Cibrario*, l. c. p. 116), et un *portier* (*P. de Saillon, portarius de Chillon*), année 1234 (*Data Pr. d'Achaïa*, t. II, p. 6).

[1] Charte de l'évêque Landri de 1166. « *Ecclesiam de Compengie.* »)*Zapf*, Monum. p. 107.) « Ecclesiam *de Villanova* quæ vulgariter *de Compengie* dicitur. » Anno 1228. (*Ibid.* p. 128.)

[2] » Tibi (Magnoni abbati Altæ Christæ) et successoribus tuis *ad ecclesiam* construendam cæterasque officinas.... dono et concedo....ecclesiam de Compengie, etc. » (Charte de l'évêque Landri de 1166.) — Le passage ci-dessus a été omis dans *Zapf*, l. c. p. 128.

[3] « Vineas in *Magno Campo*, » anno 1288 — « *Vineas in Barma* prope Villam-Novam, » anno 1247. — « Vineas en *la Muraz*, » anno 1297. (*Titres de Hautcret*)

[4] In *Barma* prope Villanova, anno 1247. (Layette d'Aigle, n° 3, et non pas *Barnia* ou *Balnea*, comme le dit *Levade*, p. 351.)

[5] Confirmation de la donation du comte Humbert par Amédée IV, comte de Savoie, en 1239 (25 juillet, IV kal. julii). « Homines morantes *in Tigneria* a Reposorio usque ad montanam de *Chagis.* » (*Chartes de Hautcrêt*). — Anno 1264. « Homines *de Grandchamp, de la Muraz, de Plancudray, de Vaddens,* » (*Item.*)

[6] « Universi agricolæ habentes tenementum a loco qui dicitur *Repositorium*, usque ad prata de Sexta, » payaient au couvent des redevances (*terragium*) consistant principalement en fèves (*fabæ*), en orge et en avoine. (*Titre de* 1276. *Ibidem, Invent. Analyt.* côté DD.)

Le châtel de Chillon et Villeneuve étant échus en partage à Aymon de Savoie, seigneur de Chablais, frère du comte Amédée IV et de Pierre [1], Aymon, qui résidait à Chillon, « considérant qu'il n'y avait lieu convenable hors du Châtel [2] pour her-« berger la nuit les voyageurs et les pèlerins venant de France, et de maints autres « lieux pour se rendre à Rome et ès-marches d'Italie, résolut de faire construire « près de la porte de Villeneuve [3] une chapelle en l'honneur de Notre-Dame, et tout « auprès un Hôtel-Dieu, « soit un hospice, » pour y recueillir, retrayer et susten-« ter les pauvres, tant pèlerins qu'autres, ainsi que les malades. » Cet Hôtel-Dieu et son église furent richement dotés par ce prince, aussi généreux que pieux, par une charte datée du château de Chillon du 25 juin 1236 [4].

Cette nouvelle fondation ne devait pas, dans la pensée du fondateur, préjudicier aux droits acquis du couvent de Hautcrêt, collateur et patron de l'église paroissiale de Villeneuve, soit de Compengié, qui lui avait été donnée dans le siècle précédent par Landri, évêque de Lausanne [5]. A cet effet, Aymon de Savoie fit, le même jour (25 juin 1236), avec l'abbaye de Hautcrêt un traité, par lequel les droits respectifs de l'hospitalier et des desservants de la chapelle de Notre-Dame et de l'Hôtel-Dieu d'une part, et, de l'autre, ceux de l'église paroissiale et du curé de Villeneuve [6], furent définitivement réglés par un jugement arbitral rendu par les abbés de Saint-Maurice, d'Aulps et de Haute-Combe, qui avaient été choisis comme médiateurs par les deux parties intéressées.

[1] Traité entre le comte Amédée IV et ses frères Aymon et Pierre, de l'an 1234. (*Data Principi d'Achaïe*, t. II, p. 6,)

[2] Le *Burgum Chillonis* dont on attribue la fondation au comte Pierre (Voy. *Chillon*, par *Louis Vulliemin*, p. 307) ne serait-il point la même chose que l'endroit appelé *li Baux*, près de Chillon, que le comte Philippe acheta en 1282 pour 58 livres. (*Archives de Turin, Vaud*, paquet 7.)

[3] La charte de fondation dit « *intra muros.* »

[4] Fondat. de l'hôtel-Dieu de Villeneuve : « Aymo de Sabaudia, dominus Chablaisii, notum facimus. . . nos fundasse *Domum Dei* intra muros *Villæ novæ*, diæcesi Lausannensi, ad honorem *Beatæ Mariæ Virginis* et omnium sanctorum Dei, etc.... Dotantes ipsam.... Actum apud Chillon... anno Domini M. CC. XXX. sexto, 7° kalend. julii. » (*Guichenon*, Hist. de Savoie. t. II, Pr. p. 57.)

[5] *Supra.* — Charte de l'an 1166, Voir la Bulle de confirmation du pape Innocent IV, de l'an 1248. (*Zapf*, Monum. Germ. p. 107 et 128.)

[6] Arbitrage entre Aymon de Savoie, seigneur de Chablais, et l'abbaye de Hautcrêt, de 1236. « Volentes, in hoc et monasterii de Altacrest indempnitati consulere et matrem ecclesiam de Villanova a futuro dispendio preservare,... pronunciatum fuit ab eisdem arbitris, etc. » Actum apud Chillon, anno 1236, VII kal. julii. (*Monum. Hist. Patr.* t. I. Cart. col. 1313.)

On doit supposer qu'à l'époque où le comte Thomas fit choix du local de Villeneuve pour y fonder une ville franche, destinée, sans doute, à recevoir par la suite un plus grand développement, cette localité était moins marécageuse et moins exposée aux inondations qu'elle l'est actuellement. Plusieurs indices viennent appuyer cette conjecture. Il paraît, en premier lieu, que le torrent de l'Eau Froide, qui maintenant tombe dans le Léman tout près de Villeneuve, coulait autrefois fort au delà et se réunissait probablement au bey (ruisseau) de Noville. Il est au moins certain qu'au douzième siècle le hameau actuel des Grangettes, situé au bord du lac entre Villeneuve et Noville, dépendait de l'église de Compengié [1]. Les moines de Hautcrêt y bâtirent une ferme appelée *Grangia de Novellis* en 1179 [2], et ils jouissaient pendant deux jours de la semaine du droit de pêche dans le bey de Noville [3].

On observe, en outre, qu'au treizième siècle un espace assez large existait entre les murailles de la ville et la grève du lac [4]. On remaque de plus un ilôt sur lequel croissent quelques arbres, situé à deux cent quarante toises du rivage, et une lagune qui s'étend à trente toises en avant, parallèlement au bord actuel du lac, ainsi qu'un ancien chemin tendant de Villeneuve à Noville, que l'invasion des eaux a rendu impraticable et dont il ne reste que le pont [5]. Enfin, on retrouve à Villeneuve plusieurs pavés les uns sur les autres; l'église paroissiale est enterrée de quelques pieds, et pour entrer dans les anciennes maisons depuis la rue, il faut descendre un ou deux degrés [6]. Ces diverses circonstances concourent toutes à démontrer un exhaussement graduel du niveau des eaux du Léman aux environs de Villeneuve, postérieur d'un siècle ou même de deux à la fondation de cette ville, et qui a dû contribuer à rendre la contrée plus insalubre qu'elle ne l'était auparavant, et à hâter la décadence de cette ville, qui paraît avoir été très-florissante sous la domi-

[1] C'est-à-dire que *les Grangettes* étaient du diocèse de Lausanne, tandis que *Noville* appartenait au diocèse de Sion.

[2] Bulle du pape Alexandre III pour Hautcrêt, de l'an 1179. « *Ecclesiam de Compengie, Tractum de Bey, Grangiam de Novellis.* » (*loc. supra cit.*)

[3] *Tractum de Bey* est le quartier du bey de Noville (*Conserv. Suisse*, t. VIII, p. 47), et non pas le lac de Brêt, qui n'existait pas encore. (Voy. *Ph. Bridel*, ibid. p, 68.)

[4] Actum prope lacum, retro domum ballarum (la douane) predictæ Villenovæ. — *Titre de Hautcrêt* de 1297. (*Lay.* 145, n° 18, *aux Arch. cant.*)

[5] Voy. la Carte de la plaine du Rhône, par l'ingénieur *Piccard*, 1843.

[6] Observations de M. *Rod. Blanchet*, Hist. nat. du Léman, p. 20.

nation de la maison de Savoie à cause du passage des marchandises transportées en France et en Allemagne, sur lesquelles on prélevait des droits qui formaient une notable portion des revenus du prince [1].

La grande paroisse de Noville, limitrophe de celle de Villeneuve, comprenait, outre la commune de ce nom, les territoires contigus de Rennaz (*Reyna*) et de Roche (*Rochi*). L'église de Noville est mentionnée pour la première fois dans la bulle du pape Alexandre III, de l'an 1177, comme annexe de l'église paroissiale de Cors ou *Corps*, de même que la chapelle et l'hôpital de Saint-Jacques de Roche [2]. Au treizième siècle, cette annexe était devenue la principale de la paroisse de Noville, et il n'est plus fait mention de celle de Cors [3]. Ces églises, ainsi que l'hôpital de Roche, appartenaient à la prévôté du Grand-Saint-Bernard, laquelle partageait la propriété utile des fonds de cette vaste paroisse avec divers petits vassaux des comtes de Savoie [4]. Les terrains environnant de toute part le hameau actuel de *Chambon*, entre les villages de Roche, de Crebelley et de Noville, connus au treizième siècle sous le nom de *Condamine du Mont-Joux*, appartenaient au couvent du Saint-Bernard [5], qui avait conservé ces propriétés jusque dans ces derniers temps [6].

Si l'on pouvait se fier à la tradition, portant que *Hartmann* était aumônier du couvent de *Saint-Pierre du Mont-Joux à Roche*, lorsqu'il fut élu évêque de Lausanne en 851 [7], il s'ensuivrait que la chapelle et l'hôpital de Roche auraient existé dès le neuvième siècle, non comme dépendances de la prévôté de Saint-Nicolas ou du Saint-Bernard, mais comme succursale du monastère fondé au bourg de Saint-

[1] Dans les quatre-vingt-huit semaines, commençant avec le mois de septembre 1294, il passa à la douane de Villeneuve 7,307 balles de marchandises. (*Cibrario*, delle Finanze di Sav. Opusculi), p. 246)

[2] Bulle du pape Alexandre III, du XII des kal. de juin 1177, pour le Saint-Bernard. « Capellam et hospitale Sancti Jacobi de *Rochi* : ecclesiam de *Corps* et de *Novellis*. » (*A. J. de Rivaz*, Dipl. du Vallais, t. X, p. 373.)

[3] Bulle du pape Honoré IV, de 1286, pour le Saint-Bernard : « Ecclesiam de *Novilla*. » (Ibid. p. 374.) En 1209, *Gilbert de Cors* était *métral de Chillon*.

[4] *Turumbertus de Novilla* paraît comme témoin dans un titre de Saint-Maurice de l'an 1174. (*Ibid.* p. 412.)

[5] Titre du Saint-Bernard, de l'an 1276, sous le prévôt *Martin* : « *En Chambon* in medio contamine Montis Jovis. » (*A. J. de Rivaz*, l. c. t. XII, p. 3.)

[6] Voy. la *Feuille des Avis officiels du Canton de Vaud*, du 13 avril 1849. On y voit que les propriétés du Saint-Bernard s'étendaient dans les *grands marais* jusqu'à la *Toile*.

[7] *Cart. de Lausanne*, l. c. p. 8 et 31.

Pierre dans l'Entremont par les empereurs carlovingiens, et réuni plus tard à l'hospice construit au haut de la montagne par Saint-Bernard de Menthon dans le onzième siècle [1]. Quoi qu'il en soit, l'hôpital de Saint-Jacques de Roche est mentionné pour la première fois d'une manière authentique dans la bulle du pape Alexandre III de l'an 1177, en faveur de la prévôté du Mont-Joux dont on a parlé [2].

On a démontré plus haut qu'Ollon, Villy et Vouvry sont vraisemblablement les seules localités subsistantes dans la plaine du Rhône, dont l'origine remonte au delà du sixième siècle [3]. Quoique la tour de Saint-Triphon ne soit point un ouvrage des Romains [4], les matériaux qui ont été employés dans sa construction, ainsi que les monnaies romaines, qui ont été trouvées sur la colline élevée et abrupte qui porte cette tour massive [5], lui assignent une origine fort reculée. A la vérité, aucun document à nous connu ne fait mention de cet endroit avant le douzième siècle [6]; néanmoins, nous sommes portés à croire que la tour de Saint-Triphon a été bâtie dans le dixième siècle sous les rois Rodolfiens, pour servir de refuge aux habitants des bourgades voisines d'Ollon et de Villy, exposés aux attaques soudaines des bandes sarrazines qui occupaient alors les hautes vallées des Alpes Graïes et Pennines. Il y a toute apparence que cette forte tour fut comprise par le roi Rodolfe III dans la restitution qu'il fit au monastère d'Agaune, en 1017, des deux terres ci-dessus nommées [7]. A l'appui de cette conjecture, on remarque qu'au douzième siècle l'église de Saint-Triphon [8], annexe de l'église paroissiale

[1] Voy. *De Loges*, Essai sur le Saint-Bernard, p. 68.

[2] Voir plus haut. — *Conon de Roche* paraît parmi les ecclésiastiques témoins de la fondation de l'abbaye de Hautcrêt en 1134. (*Zapf*, l. c. p. 81.)

[3] Charte de dotation de l'abbaye d'Agaune, par le roi Sigismond, en 516 : « *Curtes*.... *Aulonum* (Ollon), *Villiacum* (Villy), *Vobregium* (Vouvry). »

[4] Voy. *Bridel*, Cons. Suisse, t. VI, p. 239.

[5] Voy. *Levade*, Dict. du Canton de Vaud, p. 314.

[6] *Humbert*, qualifié de *miles de S. Triphon*, paraît dans un titre de Saint-Maurice de l'an 1190. (*Collect. dipl. de Müllinen*). Mais le château, (*castrum Sancti Triphoni*), est nommé seulement en 1238. (*A. J. de Rivaz*, l. c. t. XI, p. 356.)

[7] *Aulonum* peut venir du latin *aula;* c'est aussi le nom d'un château fort du mont Hæmus. Une montagne de Calabre porte aussi le nom de *mons Aulonis*. — *Saint-Triphon* était le nom du saint auquel l'église était dédiée, et la tour de Saint-Triphon n'aura pris ce nom qu'après avoir été détachée de la terre d'Ollon.

[8] Anno 1190. « W. clericus reddidit capitulo Agaunensi jus patronatus ecclesiæ S. Triphoni. » (*Müllinen*). — 1250. « *Ecclesia Sancti-Victoris de Ollono.* » (Titre de Saint-Maurice, *A. J. de Rivaz*, t. XI, p. 476.)

d'Ollon dédiée à Saint-Victor, appartenait à l'abbaye de Saint-Maurice, et que la plupart des fonds ruraux de la terre de Saint-Triphon et de Charpigny provenaient d'abergements faits par cette abbaye [1]. Enfin, tous les habitants du mandement d'Ollon étaient tenus, à tour de rôle, de faire le service du guet ou de la garde au château de Saint-Triphon, et avaient le droit de s'y réfugier en temps de guerre [2].

Marius d'Avenches parle dans sa chronique de l'endroit appelé *Baccis* où les Lombards furent défaits par les Francs en 574, après avoir saccagé le Vallais et pillé l'abbaye de Saint-Maurice [3]. Mais il est à remarquer que le célèbre chroniqueur ne joint à ce nom aucune épithète qui indique que cet endroit fût un bourg. Il semble qu'il a voulu parler uniquement du champ de bataille où ces barbares furent taillés en pièces. La plaine de Bex, aboutissant au Rhône, renferme, dit-on, des débris d'armes qui rappellent cet événement [4]. Le nom de *Baccis*, donné à ce lieu par Marius, peut se rapporter au passage du fleuve qui, depuis la destruction du pont romain en 563, s'effectuait à Massonger au moyen d'un bac [5].

Ce qui est plus certain, c'est qu'aucun document à nous connu ne fait mention de Bex (*Bais*, *Baz*, *Batium*) comme localité habitée avant le douzième siècle [6]. Le vaste mandement de ce nom, qui s'étendait tant en plaine qu'en montagne depuis le Rhône jusqu'au mont Cheville, parait avoir été formé par la réunion en une seule paroisse de plusieurs territoires situés des deux côtés de l'Avençon et qui appartenaient à des seigneurs différents. Les uns relevaient du comte de Savoie à cause du château de Chillon [7]; les autres de l'abbaye de Saint-Maurice [8]; d'autres, enfin,

[1] Sentence du juge de Chablais de l'an 1266. (*Gall. Christ. Nov.* t. XII. Instr. Col. 509.)

[2] Convention entre l'abbé de Saint-Maurice et *Guido miles de S. Triphono* de l'an 1238. « *Exubiæ in castro de S. Triphono* ad custodiendum dictum castrum, quas, ratione dicti castri, ab hominibus ecclesiæ Agaunensis de Ollono exigebant. (*A. J. de Rivaz*, t. XI, p. 356.)

[3] « *Marius* ad ann. 574. »

[4] En *Champagne* (*campus pugnæ*); on appelle ainsi la plaine du territoire de Bex, qui s'étend à la droite de l'Avençon jusqu'aux *anciennes salines* au bord du Rhône, vis-à-vis du bac de Massonger (*Carte du Gouvernement d'Aigle, par de Rovéréa et Gruner*.)

[5] Le mot *Baccis*, *baccus*, dans la basse latinité (*Ducange* gloss.) se dit du passage d'une rivière ou d'un *bac*.

[6] Parmi les seigneurs vassaux du comte de Savoie Amédée III en 1138, on trouve « *Willelmus et Garnerius de Bais*. » (*Cibrario*, Docum. Sigil. e mon. p. 46.)

[7] Comme chef-lieu du comté de la *Tête du Lac*, et, plus tard, de la châtellenie de Chillon.

[8] Savoir la colline de *Chiètre* et le vignoble de *Cries* ou le fief dit de l'*Aumônerie*. (*Archiv. de Saint-Maurice*, titres du douzième et treizième siècles.)

de la mense épiscopale de Sion, à cause de la propriété ou du patronat de l'église de Saint-Clément de Bex. Celle-ci étant la plus ancienne de toutes les églises bâties plus tard dans le mandement de Bex, l'évêque et le chapitre de Sion[1] prélevaient la dîme ecclésiastique sur la *totalité* du territoire de ce mandement, quoique ce prélat ne possédât d'ailleurs qu'une partie de la seigneurie de Bex[2].

Girold de Bex, qui vivait dans la seconde moitié du douzième siècle, ayant réuni dans sa personne la majeure partie des fiefs mouvants de ces divers seigneurs, il fit bâtir le châtel de Bex, dont on voit encore les ruines sur la colline de Chiètre[3], et fonda, près de l'église de Saint-Clément, le bourg de Bex (*burgum novum*[4]). Dès lors Girold fut qualifié de seigneur (*dominus*) ou dynaste (*baro*) de Bex par les comtes de Savoie, dont il relevait au premier chef[5]. Cependant, les terres de Gryon et de Lavey, qui appartenaient à l'abbaye de Saint-Maurice, avaient déjà été détachées de la seigneurie de Bex à l'époque dont nous parlons[6]. Il est à remarquer que le petit village de Morcles, situé au-dessus de Lavey, est déjà mentionné dans une charte du onzième siècle[7], c'est-à-dire plus d'un siècle avant les autres localités du mandement de Bex qu'on vient de nommer. Les hameaux de *Frenières* et de *Belmont* ou *les Plans*[8], situés dans le même mandement, et *Antagne*, dépendant de celui d'Ollon, soit de la terre de Villy, paraissent également dans les titres de la fin du

[1] Voy. la cession de l'église de *Bais* faite par Guillaume, évêque de Sion, à son chapitre en 1193. (*L. c.* t. X, p. 477.)

[2] En 1219, *D. Petrus de Turre* tenet in feudum ab episcopo *Bais*, videlicet quod est de feudo ecclesiæ. (*Gall. Christ. Nov.* t. XII. Instr. col. 497.)

[3] On donne à ces ruines le nom de *Tour de Duin*, à cause de son dernier possesseur au quinzième siècle. Cependant, tout nous porte à croire que ce fut *Girold de Bex* qui bâtit cette tour, dont la construction remonte évidemment au douzième siècle.

[4] « *Giroldus dominus de Batio*... dedit hominem suum de *burgo novo*, casalem et mansionem ipsius. » Anno 1174. (*Titre des Archives de Saint-Maurice.*)

[5] Charte du comte Humbert III, de 1179. « Ex parte comitis juraverunt *barones* isti *Giraudus de Baz*, etc. » (*Cibrario*, l. c. p. 80.)

[6] « Feudum de *Grion* et terra de *Laveto* » appartenaient, en 1189, à cette abbaye. (*A. J. de Rivaz*, Dipl. t. X, p. 441 et 442.)

[7] Charte d'inféodation d'Aymon, évêque de Sion, de l'an 1043 : « Terrulam ecclesiæ sedunensis, quæ dicitur *Morcles* cum Alpibus quæ vocantur *Martiniaci* (les Martinets). (*A. J. de Rivaz*, l. c. t. X, p. 151.)

[8] « In parrochia de Batio, decimæ de *Frenières* et de *Belmunt*, » anno 1228. (*A. J. de Rivaz*, Diplom. t. X, p. 236.) — « Ecclesia Sanctæ Mariæ de *Belmunt*, anno 1286. (Bulle du pape Honoré IV pour le Saint-Bernard, *Ibid.* t. XI, p. 236.

douzième siècle et du commencement du treizième [1]. Ces dates nous font voir que les localités, qui aujourd'hui sont les plus importantes dans la plaine du Rhône, soit dans le district d'Aigle, ne sont pas à beaucoup près celles dont la fondation remonte le plus haut. A l'appui de cette remarque, nous citerons encore Yvorne, *Evurnum* en latin, qui paraît plus ancien que le bourg voisin d'Aigle. Le premier de ces deux endroits se trouve déjà mentionné dans une charte du commencement du onzième siècle [2], tandis qu'Aigle ne date que du commencement du siècle suivant.

Les auteurs modernes qui ont imaginé de recourir à des étymologies hasardées pour faire remonter jusqu'à l'époque de la domination romaine la fondation d'Aigle et d'Yvorne, se sont évidemment trompés dans leurs conjectures [3]. Le nom primitif du bourg d'Aigle est *Allio*, soit en latin, soit dans l'idiôme romand, et aucune charte connue ne fait mention d'un endroit de ce nom avant le douzième siècle. Il est parlé pour la première fois de l'église de *Saint-Maurice d'Aigle* dans un document émané de Saint-Guérin, évêque de Sion, qui ne fut promu à ce siége épiscopal qu'en 1138 [4]. Cette église avait été fondée, à ce qu'il paraît, par l'abbaye d'Agaune au débouché de la vallée des Ormonts qui lui appartenait, pour l'usage des pâtres qui fréquentaient en été les hauts pâturages de ces montagnes [5]. Le pieux évêque ayant reconnu que l'abbaye avait été injustement dépouillée de la propriété de cette église par ses prédécesseurs, la lui restitua vers l'an 1143 [6],

Un peu plus tard, les religieux hospitaliers du Saint-Bernard fondèrent à Aigle la chapelle de *Saint-Pierre* dans le quartier qui en a gardé le nom [7]. Dans les pre-

[1] « Decimæ de *Antagnes*, » anno 1199. (*Ibid*. p. 519.)

[2] Charte de Burchard II, archev. de Lyon et abbé d'Agaune, de l'an 1020 environ : « In pago *Capite Laci*, *Villiacum*, *Ollonum*, *Evurnum*. » (*Titres de Saint-Maurice Coll*., *Charletti*, t. I, p. 81.)

[3] *Rochat*, Mém. Hist. t. I, p. 138, et *Levade*, Dictionn. p. 9, qui font dériver les noms de ces endroits de *ala* et *hibernum*.

[4] *A. J. de Rivaz*, Vallesia Christ. t. II, p. 452. Il mourut au commencement de l'an 1150.

[5] L'église et le prieuré de *Saint-Maurice* d'Aigle, étaient situés sur la colline que couronne le château dans le quartier appelé *les Cloitres*.

[6] Charte non datée de Saint-Guérin, évêque de Sion : « Ecclesiam *S. Mauritii de Allio*, quam ecclesia Agaunensis injuste amiserat.... reddidit. » — Parmi les témoins, on trouve *Willelmus de Allio*. (*A. J. de Rivaz*, Diplom. t. X, p. 313.)

[7] Savoir entre le Bourg et les Cloitres du côté du midi. « Capella S. Petri de Allio, » anno 1177. — Bulle du pape Alexandre III. (*Ibid*. p. 373.).

mières années du treizième siècle, les abbés de Saint-Maurice ayant formé un prieuré des domaines dépendants de la première église dédiée au chef de la légion thébéenne, ils firent bâtir dans un autre quartier une troisième église sous l'invocation de *Saint-Jacques*, qui devint paroissiale et autour de laquelle se forma le bourg actuel d'Aigle [1]. Ce bourg fut fondé sous les auspices du comte Thomas, à peu près en même temps que celui de Villeneuve, c'est-à-dire au commencement du treizième siècle. Ceci résulte assez clairement d'un échange de la forte tour d'Aigle, que ce prince fit en 1231 avec les seigneurs de Saillons, contre le château du même nom dans le Bas-Vallais. Dans cet échange, le comte se réserva le bourg d'Aigle (*burgum de Allio*), ainsi que l'hommage direct des divers fondataires nobles (*milites*) qui se partageaient le territoire du mandement d'Aigle [2]. Plus tard, les successeurs de ce prince octroyèrent aux habitants de ce bourg les mêmes franchises et priviléges qu'il avait accordés aux bourgeois de Villeneuve [3].

Si du côté droit nous passons à la rive gauche du Rhône, nous remarquons qu'à l'exception de *Vouvry*, dont on a déjà parlé, les principales localités de cette partie orientale ou *vallaisanne* de la plaine ont une origine comparativement assez moderne. On ne trouve aucune charte qui fasse mention des bourgs ou villages de *Massonger*, de *Monthey*, de *Vionnaz* et de *Port-Vallais* avant le treizième siècle, et comme nous connaissons un assez grand nombre de documents du douzième siècle qui concernent cette partie de l'ancien Chablais, il est à présumer que ces localités n'avaient pas encore acquis assez d'importance pour donner lieu à des transactions ou autres actes de nature à constater leur existence comme localités séparées du vaste territoire régalien de *Vouvry*, lequel appartenait à l'abbaye de Saint-Maurice [4] la suzeraineté des comtes de Savoie, souverains du pays [5].

[1] L'église de Saint-Jacques d'Aigle est mentionnée pour la première fois dans un document de l'abbaye de Saint-Maurice de l'an 1214. (*A. J. de Rivaz*, l. c. t. XI, p. 87.)

[2] Voy. *Cibrario*, Stor. de Savoia, t. I, p. 245, note 1. — *Titre des Arch. de la cour de Turin, Chablais*, paq. I, n° 1.

[3] Charte des franchises d'Aigle, octroyée par le comte Amédé V, du 18 mai 1314. (*A. J. de Rivaz*, l. c t. XII, p. 595.)

[4] Diplôme de Rodolfe III, de l'an 1017, cité plus haut : « R. rex .... reddidit Ecclesiæ Agaunensi *Vouvreyum*, etc. » (*Gall. Christ. Nov.* t. XII, Instr. Col. 427.)

[5] Voy. *Mém. et Doc. de la Société d'hist. de la Suisse Romande*, t. VIII. — Notice sur Chillon, par *M. de Bons*.

Les renseignements qui précèdent concourent tous à faire voir que la fondation des principales localités situées dans la plaine du Rhône, soit à la droite, soit à la gauche du fleuve, n'a guère de relation immédiate avec les phénomènes *physiques* qui ont contribué à changer l'aspect de cette plaine, et qu'il est plus naturel de rapporter l'origine de ces fondations à des circonstances politiques [1]. En effet, aussi longtemps que la domination des comtes de Savoie dans le Bas-Vallais et le Chablais resta précaire ou contestée, les princes de cette maison, ni leurs vassaux n'ont dû s'occuper à augmenter le nombre des établissements, églises, bourgs ou villages existant dans ces contrées. Comme nous l'avons déjà dit, en parlant de la fondation de Villeneuve, ce n'est guère qu'à dater de l'extinction de la maison des Zæhringen, au commencement du treizième siècle, que la souveraineté du comte Thomas fut pleinement et définitivement reconnue dans le Chablais vaudois et vallaisan [1].

Nous ne voulons pas dire cependant que l'état physique dans lequel se trouvait la plaine du Rhône n'ait eu aucune influence sur celui de la culture et de la population répandue dans cette plaine. On conçoit aisément qu'à une époque plus reculée, chaque fois que le Rhône sortait de son lit par suite de quelque éboulement considérable ou d'un grand débordement de ce fleuve [2] et des nombreux torrents alpestres qui se jettent dans son bassin, il se divisait et se subdivisait en un grand nombre de bras, en sorte que la tête du lac, à partir de la colline de Saint-Triphon, offrit pendant une période plus ou moins longue l'aspect d'un vaste *delta*, sujet à être fréquemment submergé par les eaux. Du milieu de ces bas-fonds s'élevaient çà et là des collines pierreuses et couvertes de broussailles, appelées *crét* ou *bruit*, dans l'idiôme du pays, et où furent bâtis plus tard des bourgs et des villages.

On reconnaît aisément les traces de ces différents bras du Rhône, se creusant un lit temporaire dans les bas-fonds de la plaine et autour des flachères qui ont conservé le nom d'*îles*, même depuis qu'elles ont été reconquises à la culture. Cet ancien aspect de la plaine de Villeneuve n'a dû changer qu'à la suite des travaux d'endiguement du Rhône commencés, à ce que l'on suppose, au treizième siècle

[1] Voy. notre *Mémoire sur le Rectorat*, p. 133 et suiv.

[2] A partir des inondations dont il est parlé dans *Marius* d'Avenche au sixième siècle, les annales du Vallais en comptent un nombre infini, toutes plus ou moins désastreuses. (Voy. *Boccard*, l. c. passim.)



par les princes de Savoie, les abbés de Saint-Maurice et les religieux hospitaliers du Saint-Bernard, et continués par les communes riveraines [1].

A cette époque reculée, les habitants des bourgs et villages voisins payaient encore aux seigneurs du pays une redevance proportionnée, non à la contenance du terrain dont ils avaient la jouissance précaire, mais au nombre de bottes de fourrage qu'ils récoltaient dans les bas-fonds [2], tantôt submergés, tantôt laissés à sec par les divagations incessantes des eaux du fleuve et de ses torrentueux affluents, tels que *la Grande-Eau, la Viége*, etc. Plus tard, les terrains marécageux qui aboutissent au Rhône furent concédés en toute propriété aux communes de la plaine, à charge de diguer le cours du fleuve et d'entretenir ces digues à leurs propres frais. C'est à la suite de ces concessions successives et des travaux de dessèchement, entrepris avec plus d'ensemble et de persévérance, qu'ont été conquises sur les eaux les propriétés de ces communes et des nombreux hameaux épars dans cette plaine. L'histoire du moyen-âge nous dévoile une partie des vicissitudes qu'elle a éprouvées dans cette longue période de temps. Des études physiques et archéologiques faites avec soin, et en s'appuyant sur les données historiques qui ont pu être recueillies dans ce mémoire, serviront, nous l'espérons du moins, soit à compléter nos observations, soit à les rectifier s'il y a lieu.

[1] Dans la fondation de l'hospice de Villeneuve par Aymon de Savoie en 1236, il est parlé de *prairies* formées, « pratis quæ fecimus ad cuneum Rhodani » (aujourd'hui les grèves *du fort à Culet*, territoire de Noville et de Port-Vallais). Ce qui suppose que ce prince avait fait faire de grands travaux d'endiguement dans cette partie du Rhône.

[2] Voy. l'accord fait entre l'abbaye de Saint-Maurice et le seigneur de Saint-Triphon en 1238. (*A. J. de Rivaz*, Diplom. t. XI, p. 356.)

APPENDICE.

ORIGINE ET SIGNIFICATION

DU MOT

TAUREDUNUM.

Il faut convenir que la connaissance exacte de l'origine et de la signification de certains noms propres contribuerait souvent à éclairer l'histoire primitive d'un peuple, d'un pays ou d'une ancienne ville. Mais quels que soient d'ailleurs les progrès remarquables qui, de nos jours, ont signalé l'étude comparative des anciens idiômes, les résultats obtenus sont encore trop peu certains pour offrir aux recherches étymologiques une base solide [1].

Les écueils qu'on rencontre dans les études de cette nature sont nombreux et de plusieurs genres. Premièrement, les anciens noms de peuples et de pays, de fleuves et de montagnes, sont rarement parvenus jusqu'à nous dans leur forme pure et originelle. Secondement, les mêmes noms sont articulés et écrits de diverses manières dans les différents dialectes de la même langue. Enfin, nos contrées ont été successivement habitées par les Gaulois ou *Celtes*, par les Romains et par les nations germaniques ; en sorte que la première question qui se présente est celle qui consiste à déterminer à laquelle des trois langues mères que parlaient ces différentes

[1] Parmi les travaux récents sur cette matière, qui concernent la Suisse, ceux du docteur *H. Meyer* (*Die Ortsnamen des Kantons Zürich*, 1848), et du professeur *J.-B. Brosi* (*Keltische Spracheelemente in dem althelvetischen Benennungen Geschichtsfreund*, t. VI, p. 189 et suiv.), sont marqués au coin d'une sévère critique.

nations, appartient le nom dont on cherche l'étymologie. Or, cette question fondamentale est ordinairement celle dont la solution *a priori* donne lieu aux suppositions les plus erronées [1].

Ces difficultés diminuent cependant lorsque les noms locaux dont on cherche l'origine et la signification, remontent à une époque à peu près certaine, ou qu'ils renferment dans leur composition des mots élémentaires qui se retrouvent fréquemment dans d'autres noms appartenant notoirement à l'une des trois périodes historiques dont nous venons de parler. Ainsi, par exemple, il est indubitable que les noms de montagnes et de rivières, de villes et de bourgades, mentionnés dans l'histoire de la conquête des Gaules de *Jules-César*, tels que *Jura mons, Rhodanus, Octodurum, Sedunum*, etc., remontent à la période anté-romaine ou gauloise, et nous pouvons en conclure avec assez de certitude ,que ces dénominations dérivent des idiômes celtiques ou gaulois [2].

Plusieurs villes gauloises qui furent décorées de nouveaux noms en devenant des colonies romaines, gardèrent néanmoins la mémoire de leur ancien nom ; ces villes reprirent même leur dénomination gauloise après la chute de l'empire. Comme exemples, nous citerons Avenches et Nyon dans l'Helvétie occidentale. On sait que la première de ces villes, nommée *Aventicum*, reçut des empereurs le nom de *Colonia Pia Flavia* (Helvetiorum) ; tandis que la seconde, appelée *Noviodunum*, porte dans les inscriptions romaines la dénomination classique d'*Equestra* ou *Colonia Equestris* [3]. D'autres, comme Yverdun (*Ebrodunum*), Sion (*Sedunum*), ont conservé sous les Romains leur ancien nom gaulois avec une terminaison latine. Ces exemples, qu'il serait facile de multiplier au besoin, pourront servir de base à nos recherches sur l'origine et la signification du nom *Tauretunum* ou *Tauredunum*.

Nous commencerons par rappeler ici que, dans son laconique récit de l'éboule-

[1] Par exemple *Turtmann* ou *Tourtemagne* en Vallais, dont le nom primitif est *Curtis-mannonis* en latin, et que les étymologistes ont fait dériver de *Turris-Temenica* (*J. de Müller*, Hist. de la Suisse, t. I, p. 47, note 10). C'est la cause principale des erreurs qu'on reproche aux Celtomanes du dix-huitième siècle, erreurs dans lesquelles *Loys de Bochat* et même *Ruchat* se sont laissés entraîner.

[2] Vid. *Jul. Cæsaris Comm. de bello gallico*. lib. I, cap. 1 et passim. « Tertiam partem Galliæ incolunt qui ipsorum lingua *Celtæ*, nostra *Galli* appellantur. »

[3] Voy. *Orelli*, Inscript. Helvet. Aventicum, n° 172, p. 55. — Noviodunum, n° 110, p. 35, etc.

ment de l'an 563, *Marius* emploie le mot *Tauretunensis* sous la forme d'un *adjectif*[1]. On doit inférer de là que l'évêque d'Avenches, ne sachant pas le nom de la montagne qui s'était écroulée, s'est contenté de désigner cette montagne par le nom plus connu du château fort (*castrum*) qu'elle dominait et qu'elle écrasa dans sa chute[2]. Or, Grégoire de Tours, qui, par contre, se sert du *substantif*, nous apprend exactement le nom de cet ancien fort, qu'il appelle *Tauredunum*[3]. Du reste, à l'exemple de Marius et d'autres écrivains, et, pour plus de commodité, nous avons désigné la montagne d'où partit l'éboulement de l'an 563 par le nom de l'endroit le plus voisin de la catastrophe[4]. Nous devons toutefois faire observer que le nom de la montagne appelée le *Jorat* (la Dent du Midi) par les gens du pays, n'est pas positivement indiqué par les deux historiens qu'on vient de citer. La différence qu'on remarque dans la manière d'écrire le nom de *Tauredunum* n'a aucune importance, les consonnes *t* et *d* étant fréquemment employées l'une pour l'autre dans les divers dialectes de la même langue[5].

Parmi les villes ou bourgades dont on fait remonter l'existence à une époque antérieure à l'établissement des Romains dans la Gaule, on en trouve quelques-unes dont le nom offre une certaine analogie avec le nom de *Tauredunum*. Telles sont, par exemple : 1° *Taurunum*, aujourd'hui *Tzerwenka*, près de Semlin, au confluent de la Save et du Danube[6], ville qu'on dit avoir été fondée par les *Taurisques*. — 2° *Tarodunum*, localité mentionnée dans la *Géographie de Ptolémée*, qu'on croit être *Zarten*, village situé dans les montagnes de la Forêt-Noire[7]. — 3° *Tau-*

[1] *Marii* Chron. : « Mons validus *Tauretunensis*. » (*Mém. et Doc. de la Soc. d'hist. romande*, t. XIII, p. 38.)

[2] La phrase de Marius pourrait être rendue ainsi : « *Mons validus in territorio Vallensi ita subito ruit, ut* CASTRUM TAURETUNENSE, *cui vicinus erat,.... oppressisset*, » sans en changer aucunement le sens.

[3] *Greg. Turon.* Hist. Franç. lib. IV, c. 31. « De *Taureduno* castro, quod super fluvium Rhodanum in monte collocatum erat. (*Mém. et Doc. de la Suisse Romande*, t. XIII, p. 45.)

[4] C'est ainsi que les auteurs suisses, en parlant de la chute du *Rossberg* (1806), dans le canton de Schwitz, désignent cette catastrophe sous le nom de *éboulement de Goldau*, village voisin que la montagne ensevelit sous ses décombres.

[5] Exemple : *Tarantasia* pour *Darantasia*. Voy. les Notices de l'Empire dans *Duchêne Script.* t. I, p. 5, 7, 13, 15, et *Ménage*, Origines de la langue française, p. X.)

[6] *Ptolémée.* — Voyez *Reichard*, Orbis terrarum antiquus, t. X.

[7] *Leichtlen's*, Forschungen, 1er cahier (1818), p. 38. — *Zartuna*, en 791.

rasia ou *Taurinum*, anciens noms de la ville de Turin en Piémont[1], et 4° *Tauriacum*, *Toury*, ancienne ville gauloise du pays Chartrain[2]. Ces exemples suffisent pour faire supposer avec assez de probabilité que le nom de *Tauredunum* appartient aux idiômes celtes ou gaulois.

En décomposant ce nom, on y trouve effectivement les deux radicaux celtiques *Taur* et *Dun*, qui entrent fréquemment dans la formation des noms locaux de l'ancienne Gaule, et qui, en outre, se retrouvent dans les idiômes celtiques ou gaëliques de l'Armorique et des îles britanniques[3]. L'adjonction de la voyelle *e* dans le corps du mot Tauredunum, ainsi que la terminaison en *um*, sont des modifications très-ordinaires dans la langue latine.

Les auteurs les plus accrédités conviennent que les mots *Taur*, *Tur*, *Tor*, *Torat*, sont des noms *appellatifs* appartenant à plusieurs idiômes anciens, qui servaient à qualifier les plus hautes élévations d'une chaîne de montagnes, et, par une conséquence fort naturelle, on s'en servit aussi pour désigner les habitants de ces montagnes par opposition à ceux de la plaine. Ces mots génériques sont remplacés dans quelques régions par ceux d'*Alb* ou *Alp* (Alpes) et de *Penn* (pic ou pinacle), dont l'origine paraît tout aussi ancienne, et qui appartiennent aux mêmes idiômes[4].

Les anciens historiens et les géographes donnent généralement le nom de Taurins ou Taurisques (*Taurini*, *Taurisani*, *Taurisci*) aux montagnards qui habitaient les différentes sections de la chaîne des Alpes, depuis la mer de Provence à l'Adriatique[5]. Les peuples de la région occidentale, que *Polybe* nomme *Taurisci*[6], sont

[1] *Tite-Live*, lib. XXI, c. 33 et 34.

[2] *Reichard*, Orbis terrarum antiquus, tab. IX.

[3] On sait que les idiômes de la *Basse-Bretagne*, du *pays de Galles*, de la *Haute-Écosse* et de l'*Irlande*, renferment de nombreux restes de la langue des *Celtes* et des *Galls*. (Voy. *Thierry*, hist. des Gaulois, t. I, *Introd*, sect. I). La distinction que cet historien a faite entre les *Celtes* ou *Galls* et les *Kymres*, peuples de même origine, importe peu à notre sujet, puisque ces peuples parlaient des dialectes de la même langue.

[4] *Cluverius*, Germ. Ant. (Vindelicia, Norica), c. 50. — *Plantin*, Helvet. Ant. p. 126. — *Walkenaër*, Geogr. anc. de la Gaule, t. I, p. 18, 141, t. II, p. 75. — *Thierry*, Hist. des Gaulois, t. I, Introd. p. 48. — *Pfister*, Geschichte der Deutschen, t. I, p. 12 et 21. « TAURISKER, *d. i. Bewohner der* TAUERN (Alpen), im Gegensatz gegen die Thalbewohner. »

[5] *D. Martin*, Hist. des Gaulois, t. I, p. 91.—*Reichard*, Orbis terrarum antiquus, Indices Critic. ad Tab. X. — *Walkenaër*, l. c. t. I, p. 18, 141.

[6] *Polybius*, lib. II, c. 14. « In Alpibus loca montuosa *Taurisci* habitant a quibus Transalpini (Galli) non genere, sed loco differunt. » (*Ibid*. c. 33, 34.)

appelés *Taurini* par *Tite-Live*[1]; ils habitaient vers les sources du *Pô*. *Pline* donne aussi le nom générique de *Taurisci* aux Salasses et aux Lépontiens des Alpes Pennines et du St-Gotthard[2]. Le nom de Taurisques fut, en outre, pendant très-longtemps la dénomination collective donnée aux divers peuples qui s'étaient établis dans les Alpes Noriques et Carniques[3]. Or, ces écrivains classiques s'accordent à dire que ces divers peuples étaient *Celtes* d'origine, parlant des dialectes gaulois, mêlés de germain; ils ajoutent que, du reste, ils ne différaient entre eux que par la situation des contrées qu'ils occupaient[4].

Dans la Haute-Autriche, dans la Styrie et la Haute-Carniole, le mot gaulois *Taur* ou *Taurn*, et au pluriel *Tauern*, est resté en usage depuis la plus haute antiquité comme l'équivalent d'Alpe (*Alpen*), et de montagne (*Berg*)[5]. On le trouve joint comme appellatif au nom propre de la plupart des hautes cîmes de cette chaine alpine. Ainsi, par exemple, les habitants du pays disent *Pinzgauer-Tauern* pour *Pinzgauer-Alpen*, ou montagnes du Pinzgau[6]. Ce mot se joint aussi au nom des différents *cols* ou passages qui traversent ces montagnes, comme les *Radstædter-Tauern*, entre Tamsveg et Rastadt dans le pays de Salzbourg[7]. Ce mot ne saurait provenir de la langue slave, les Slaves n'ayant pénétré dans la *Norique* que vers la fin du sixième siècle de notre ère[8]. Or, nous avons fait voir que le radical *Taur*, soit comme nom de peuple, soit comme nom géographique, remonte aux temps les plus reculés de l'histoire ancienne. Ce mot générique paraît même appartenir à la fois aux idiômes orientaux et occidentaux; on le retrouve chez les peuples de la *Tauride* et de l'Asie-Mineure, voisins du mont Taurus[9].

[1] *Titi Livii*, Hist. lib. XXI, c. 38: « *Taurini* quæ Gallis proxima gens erat. » *Tauraria*, Turin. (*Ibid* c. 33, 34.)

[2] *Plinii* Hist. nat. lib. III, c. 20. « Lepontios et Salassos Tauriscæ gentis.... Cato arbitrabatur. »

[3] *Strabo*, lib. IV, — *Plinius*, lib. III, cap. 19.

[4] *Polybius*, l. c. — *Strabo*, lib. VII. — *Thierry*, Hist. des Gaulois, t. I. Introd. p. 48. — *Titi Livii*, l. c. lib. XXI, c. 38, donne le nom de *Semigermani* aux peuples qui habitaient à l'entour du mont Pennin.

[5] *Durandi*, Antichi popoli d'Italia, p. 83.—*Pfister*, Hist. d'Allemagne, l. c. p. 21. — *Walkenaer*, l. c. t. II, p. 75. — *Reichard*, l. c.

[6] *Burckhardt*, Die erste Bevölkerung des Alpengebirgs, Archiv. für Schweizer. Geschichte, t. IV, p. 22

[7] *Kohl's*, Reisen in den œstreichischen Staaten, t. V, p. 218 (1842). — *Tauern*, Alpenpässe, p. 260.

[8] *Pfister*, l. c. t. I, p. 339.

[9] *Am. Thierry*, Hist. des Gaulois, Introd. p. 57. — *Taurici montes vel Caucasus*. (*P. Mela*, lib. I, cap. 19.) — « *Tauri juga* » (Antitaurus). (Ibid. lib. III, c. 7.) — *Taurantium regio* in Armenia. *Tacite*, Ann. lib. XIV, p. 24.) — Le nom chaldéen du Taurus est *Jebel-Tur*; et *Djebel-Kourch* en turc.

Quant au monosyllabe *dun* (*dunum*, avec la terminaison latine), qui forme le complément de *Tauredunum*, on le trouve joint au nom de plusieurs villes importantes de la Gaule-Celtique, de l'ancienne Helvétie et du Vallais. Nous nous bornerons à citer comme exemples *Sedunum*, Sion, *Minnodunum*, Moudon, *Ebrodunum*, Yverdon, et *Eburodunum*, Embrun. Or, dans tous les dialectes dérivés du celte ou du gaulois, le mot *dun* signifie un lieu élevé, rendu sûr par la nature ou par l'art, comme une colline fortifiée, un château (*castrum*), et même une ville ou bourgade entourée d'une enceinte [1].

Après avoir développé l'origine probable et la formation du mot *Tauredunum*, nous croyons pouvoir en conclure : 1° que ce mot est gaulois ou *celto-germain*, et 2° qu'il est *descriptif*, c'est-à-dire, tiré de la situation du lieu en question. En effet, selon Grégoire de Tours, le fort de *Tauredunum* était situé sur une éminence dominant le Rhône, dans une gorge ou un *passage* resserré entre les hautes montagnes [2]. Ce fort qui, au commencement du sixième siècle, fermait l'entrée du Vallais proprement dit, du côté du nord, portait un nom équivalent à celui du fort de *La Cluse* (*castrum Clusa*) [3], construit au dixième siècle près de Pontarlier dans les gorges du Jura, pour défendre le passage de ces montagnes [4]. Dans la basse latinité, *clusa* a à peu près la même signification que le mot celto-germain *Tauern*, et les écrivains du moyen-âge s'en servent volontiers pour indiquer un défilé ou passage fortifié. *Tauredunum* pourrait se traduire en français par *Château de la Cluse*, et, en allemand, par *Tauern-Burg*.

Nous avons attribué la reconstruction ou le rétablissement du fort de *Tauredunum* à Sigismond, roi des Burgundes, qui mourut tragiquement en 523. Au premier abord, ceci semble peu d'accord avec l'origine fort reculée que nous venons d'at-

[1] Voyez *Ménage*, *Langue franç.*, au mot *Dune*, où il cite un grand nombre d'exemples. — *Armstrong*, Gaëlic. Dict. au mot *Dun* (s. m.), *a Tortress*, *e Tower*, un fort, une tour. — *Ibid. Dun* (adjectif), *heigt*, haut.

[2] « Castrum *Tauredunum* quod super Rhodanum fluvium in monte collocatum erat.... Locus enim ille ab utraque parte montibus conclusus erat... » (*Greg. Turon.* Hist. lib. IV, c. 31, *l. c.*)

[3] *Marius d'Avenches* donne le nom de *Clusa* aux défilés du Bas-Vallais. Anno 574. (*l. c.* p. 40.)

[4] Voy. *Mém. et Doc. de la Suisse Romande*, t. III, Cartul de Rom. p. 452. — Le fort de *La Cluse* fut remplacé plus tard par le château de Joux (*castrum Jurense*). Le nom de ce fort est resté au village de *La Cluse*, situé au-dessous du château.

tribuer au nom de ce fort. Mais cet anachronisme n'est qu'apparent, car les exemples de localités tombées en ruine, et qui, après avoir été rétablies, reprirent au moyen-âge leur ancienne dénomination, sont fréquents dans l'histoire de tous les pays [1].

A la vérité, Jules-César, dans ses mémoires, n'a nommé que les deux principales bourgades (*vici*) du Bas-Vallais, savoir *Octodurum*, Martigny, et *Sedunum*, Sion, capitale des *Seduni*. Mais ces mémoires attestent en même temps que son lieutenant Sergius Galba [2], passant du territoire des *Nantuates* (pays d'Aigle) dans celui des *Véragres* (Bas-Vallais), fut arrêté dans sa marche par plusieurs forts ou retranchements élevés par les Vallaisans à l'entrée de leur pays pour lui en interdire l'accès. Galba fut obligé de combattre et d'emporter ces postes de vive force avant de pouvoir pénétrer dans la grande vallée du Rhône et asseoir son camp à *Octodurum* [3]. On peut conjecturer de là avec assez de probalité que *Tauredunum* était l'un de ces postes fortifiés dont les Romains durent s'emparer, et où ils laissèrent une garnison.

Après la soumission définitive des peuplades alpines sous Auguste, et l'établissement d'une grande voie militaire, franchissant les Alpes au *mont Pennin* (Grand-Saint-Bernard) [4], les forts ou retranchements bâtis par les regnicoles pour la défense de leurs territoires respectifs, furent abandonnés et tombèrent en ruines. Les Romains fondèrent par contre la station de *Tarnada*, qui devint, du côté du nord, la clef de la vallée du Rhône, comme *Tauredunum* en avait été le boulevard dans la période de l'indépendance.

[1] Nous citerons, par exemple, *Avenches*, *Aventicum* « desertam quidem civitatem, » selon Ammien Marcelin. (*Hist. Rom.* lib. XV, c. 22.) Cette cité gallo-romaine, détruite par les *Allémans* au quatrième siècle, fut rebâtie par nos évêques au sixième et reprit son nom primitif d'*Aventa*, que lui donne *Godefroi de Viterbe* (cap. 9).

[2] Galba et la douzième légion venaient de la Gaule Belgique (*Cæs. Comm. de bell. gall.* lib. II, c. 23), et étaient, par conséquent, entrés dans l'Helvétie par le mont Jura.

[3] *Cæs. Comm. de bello gallico*, lib. III, c. 1. « Galba, secundis aliquot præliis factis, castellisque compluribus eorum oppugnatis, ... ipse in vico Veragrorum, qui appellatur *Octodurum*, hiemare constituit. » — La tradition de l'expédition de Sergius Galba se maintient encore très-vivace dans le Bas-Vallais. (*Bridel*, Statist. p. 214.) Avant la grande inondation de 1595, on voyait encore à Martigny des restes du rempart et des fossés du camp de ce lieutenant de César; le plan en avait été étudié et reproduit par un savant florentin nommé *G. Simeoni*, vivant au seizième siècle. (Voy. *Durandi*, Alpi Pennine, p. 52.)

[4] César donne au Saint-Bernard le nom d'*Alpis summa* (l. c.); ceux de *Mons Penninus* et de *vallis Pennina* ne datent que du deuxième siècle. Le mot celtique *Penn*, *pigno* en dialecte vallaisan, est synonime de *pinaculum*, sommet, tête, pic, dent. (*Armstrong*, Gaël. Dict. verbo *Penn*.)

Le poste militaire de *Tarnada* à son tour fut détruit par les barbares, qui saccagèrent le Bas-Vallais au commencement du cinquième siècle[1]. Le roi Sigismond, ayant fondé le monastère d'Agaune ou de Saint-Maurice au sixième siècle, aura jugé convenable, pour la protection de ce monastère et du bourg voisin de *Juviana*, de faire élever un château fort sur l'emplacement de l'ancien retranchement appelé *Tauredunum* par les Véragres, et ce nouveau fort reçut naturellement la dénomination primitive de l'endroit où il était situé.

Du reste, un auteur moderne, dont l'opinion est pour nous d'un grand poids[2], trouve une analogie frappante entre le nom de *Tarnada* ou *Tarnaias*, ville romaine, que certains géographes du cinquième siècle appellent *Tarouas*[3], et celui du *castrum Tauredunense*, dont il est parlé dans Marius d'Avenches. Nous ne pouvons cependant pas conclure de cette ressemblance à une complète identité de ces endroits, soit entre eux, soit avec la ville actuelle de Saint-Maurice. Les itinéraires de l'empire s'accordent à compter entre *Octodurum* et *Tarnada* douze milles romains, qui font plus de 9,000 toises (de six pieds), tandis que la distance entre Martigny ou *Octodurum* et Saint-Maurice, mesurée par les ingénieurs du pays, n'est que de 7,755 toises[4]. Tarnada se trouvait donc plus bas entre Saint-Maurice et Massonger, où nous l'avons placé avec d'autres savants géographes[5]. D'un autre côté, le savant *J.-P. de Rivaz* a fait voir que *Tauredunum* était situé entre Saint-Maurice et Martigny.

Nous sommes par contre fort portés à admettre que les divers noms de *Tauredunum*, *Tarnadas* ou *Tarnaias* et *Tauroas*, ainsi que *Dorenaz*, village voisin de la paroisse d'Outre-Rhône[6], dérivaient tous plus ou moins du radical celto-germanique *Taur* (*Tauern*), qui semble avoir été le nom primitif et général du défilé de

[1] Saint-Florentin, martyrisé par les Vandales à Saint-Pierre de Clages en Bas-Vallais. (Voy, *Boccard*, Hist. du Vallais, p. 18 à 19.)

[2] *J. P. de Rivaz*, Martyre de la légion thébéenne, p. 62.

[3] *Le géographe de Ravenne*, lib. IV, cap. 26, qui cite certains auteurs du quatrième et cinquième siècles. — Le mot *Tarouas* pourrait bien n'être qu'une altération de *Tauroas*, née d'une transposition de lettres.

[4] Voy. *Schinner*, Descript. du Vallais, p. 6.

[5] *Walkenaër*, Géogr. anc. t. II. Analyse des Itinér. p. 34, — *Reichard*, l. c. observe aussi que l'identité de *Tarnada* et d'*Agaunum* n'est pas prouvée.

[6] Ne pourrait-on pas supposer que le village de *Dorenaz* doit son origine et son nom à quelques habitants de *Tauredunum* échappés à la catastrophe de 563?

Saint-Maurice. Le Bas-Vallais nous montre un curieux exemple de cette dérivation commune d'une racine identique dans les noms d'*Octodurum*, *Octanis*, et *Octanellum* (Autanelle ou Vernajas), localités qui se trouvent toutes situées dans le rayon de Martigny [1]. Du reste, nous n'insisterons pas davantage sur ces points qui demeurent enveloppés de beaucoup d'obscurité.

[1] Voy. *Boccard*, Hist. du Vallais, p. 356-364.

PRODROME

D'UNE

GÉOLOGIE DE LA SAVOIE,

PAR

Gabriel Mortillet,

DIRECTEUR DU MUSÉE D'ANNECY (SAVOIE).

PRODROME

D'UNE

GÉOLOGIE DE LA SAVOIE.

La géologie de la Savoie, non-seulement dans ses détails, mais aussi dans ses généralités, est loin d'être bien connue. Elle est pourtant des plus importantes, servant de base ou de premier échelon à l'étude encore si embrouillée des Alpes. En outre, les faits qu'elle fournit conduisent, sous le rapport de la théorie, aux conclusions les plus intéressantes. Cependant aucun travail d'ensemble n'est venu grouper ces faits. C'est pour combler cette lacune que je donne un résumé des observations que j'ai recueillies dans ce pays, qui, depuis plusieurs années, a attiré mon attention d'une manière toute spéciale. Je vais, dans ce résumé, examiner successivement les divers étages géologiques qui se rencontrent en Savoie, en commençant par les plus récents et remontant jusqu'aux plus anciens.

1. Alluvions.

Produits de l'époque actuelle; tous les dépôts qui datent de la dernière révolution géologique et qui se forment encore de nos jours. Les principaux et les plus abondants sont ceux dus aux courants d'eau qui tendent à dénuder les montagnes et les hautes vallées, et à combler les vallées inférieures. Ces dépôts, composés de limons, de sables, de graviers et de cailloux, constituent le sol de la partie basse des vallées. Ils forment des strates ou couches irrégulières.

Dans nos vallées des Alpes, souvent on voit de ces dépôts d'alluvion très-puissants et s'élevant bien au-dessus du niveau actuel des eaux. C'est qu'autrefois ces

vallées formaient des lacs, leur partie inférieure étant barrée par des rochers. Mais peu à peu l'eau s'est creusé un lit étroit et profond dans ces barrages, et la vallée a été mise à sec. C'est ainsi qu'en Maurienne on voit de ces puissantes alluvions lacustres dans la vallée de Lanslebourg qui était fermée par les rochers de Thermignon, et, dans la vallée de Braman, fermée par les roches sur lesquelles on a construit le fort de l'Esseillon.

Les grands éboulements de montagnes et de rochers donnent également lieu, parfois, à des dépôts assez étendus. On les reconnaît facilement à leur aspect irrégulièrement mamelonné et moutonné. Tels sont les carrières de Verrier sous Salève, les Abymes de Mians, près de Chambéry, etc. Les éboulements lents, qui se font d'une manière continue et par petites portions, forment des dépôts en talus inclinés au pied des montagnes. Lorsque ces éboulements ont lieu sur des glaciers, les débris sont poussés par la glace jusqu'à leur extrémité, ou rejetés sur les bords, et s'y entassent sous forme de puissants bourrelets ou collines allongées, désignées sous le nom de moraines.

Deux autres genres de dépôt, encore très-fréquents dans les alluvions, sont les tourbes ou accumulation de débris végétaux qui se trouvent dans les marais ; et les tufs, précipités calcaires qui s'opèrent dans certaines eaux et qui finissent par former des masses parfois très-volumineuses. Dans certains cas, ces masses sont terreuses comme à Étrembière au pied du Salève, où ce tuf est nommé greubo. Mais le plus souvent elles sont solides et constituent un calcaire très-poreux, par conséquent très-léger, bien que résistant ; on l'exploite alors pour les constructions. On en voit du très-beau et très-puissant aux environs de Saint-Geoire en Faucigny, près du détroit de Ciex en Tarentaise, dans plusieurs parties de la Maurienne, etc.

Les alluvions, étant de l'époque actuelle, ne contiennent en fait de débris organiques que des restes de plantes et d'animaux, en tout semblables à ceux qui vivent autour de nous. Cependant, l'étude de ces restes offre un certain intérêt. Elle nous montre, par exemple, que quelques espèces, comme le Lynx, étaient beaucoup plus abondantes autrefois qu'aujourd'hui et habitaient même nos plaines. Ailleurs, comme dans les tourbes du plateau du Mont-Cenis, on rencontre d'énormes souches de mélèzes là où ces arbres ne vivent plus maintenant, etc.

2. Diluvium.

Dépôts de la dernière période géologique; désignés aussi sous les noms de terrain erratique, ou terrain glaciaire ; partie du quaternaire de certains auteurs.

La dernière période géologique a été caractérisée en Savoie par une grande extension des glaciers qui couvraient entièrement le pays, sauf quelques sommets de montagnes, et par la fonte de ces glaciers. De là deux formations bien distinctes dans le diluvium : la formation glaciaire, la plus ancienne, et la formation d'écoulement, la plus récente.

A. *Formation d'écoulement.*

Se compose essentiellement de limons, sables, graviers et surtout de cailloux déposés en stratification peu régulière, et recouvrant les pentes des vallées et les plateaux jusqu'à une assez grande hauteur. Très-facile à confondre avec les alluvions dues aux charrois des rivières et des torrents. S'en distingue surtout par sa position dans des points trop élevés pour que les eaux actuelles puissent y atteindre. Contient des fossiles dans certaines localités. On a trouvé un très-grand nombre d'ossements au Plan-les-Ouates et à Mattegnien, près Genève. M. F.-J. Pictet, ayant examiné ces ossements, a reconnu qu'ils appartenaient tous à des espèces encore actuellement vivantes.

Parfois, dans les vallées latérales, l'écoulement étant gêné, soit par la présence du grand glacier existant encore dans la vallée principale, soit par la moraine latérale de ce glacier qui barre le débouché de la petite vallée, il s'est formé de puissants dépôts d'écoulements vers ce débouché. C'est ce qu'on peut observer à l'entrée de la vallée de la Dranse en Chablais. Sur ce point, parmi les dépôts de sables et de cailloux, on remarque aussi une couche de lignite qui, malheureusement, n'offre qu'un combustible de mauvaise qualité, étant mélangé de nombreuses parties terreuses.

B. *Formation glaciaire.*

Se compose d'argiles à cailloux striés et de blocs erratiques.

1° *Argiles à cailloux striés.* — Nommées vulgairement marcq aux environs de Chambéry, et diot aux environs de Genève. Terre en général grasse et imper-

méable, mélange de toute espèce de roches broyées. Passant du bleu au jaunâtre, et surtout variant beaucoup de composition suivant la nature des terrains voisins qui lui ont toujours fourni de nombreux éléments; ainsi, au milieu des grès, elle devient beaucoup plus sablonneuse. Jamais stratifiée. Elle renferme plus ou moins de cailloux de roches diverses, qui ne sont point régulièrement arrondis comme les cailloux de rivière, mais offrent de fréquentes irrégularités. La surface des plus tendres, comme les calcaires et les grès, est sillonnée de nombreuses impressions et stries en creux. Lorsque ces argiles reposent sur une roche compacte, la face de contact est toujours polie et garnie de stries allongées. Ce poli des roches en place, ces cailloux irréguliers, ces stries sur les roches et sur les cailloux sont autant de phénomènes que nous ne voyons se reproduire que sous les glaciers; nous devons donc en conclure, que les argiles à cailloux striés ont autrefois servi de lit à des glaciers qui couvraient tout l'espace où ces argiles se trouvent, c'est-à-dire tout le bassin du Léman et toutes les vallées de la Savoie.

2° *Blocs erratiques.* — Presque partout, en Savoie, on remarque d'énormes blocs de roche répandus à la surface du sol. Ces blocs souvent sont de nature tout à fait différente de celle des roches qui les supporte, et leur composition prouve qu'ils ont dû être amenés de loin. C'est ainsi que sur le Salève, montagne calcaire, on voit de nombreux blocs de protogine, roche dont le gisement le plus voisin est le Mont-Blanc, à seize lieues de distance. Dans les environs de Chambéry, à la vallée de Saint-Thibeaud-de-Couz, par exemple, composée de grès et de calcaires, on trouve des gneiss à larges cristaux de feldspath, dont les analogues ne se voient en place qu'en Tarentaise et en Maurienne. Ces blocs épars ont donc été amenés des hautes montagnes dans les parties plus basses. Mais comme ils ont leurs angles simplement émoussés et non effacés ainsi que cela a lieu dans les pierres roulées; comme ils se trouvent à des hauteurs où nul courant d'eau ne pourait pousser des masses aussi lourdes; comme, enfin, ils sont placés parfois sur des pentes rapides, au bord de crêtes vives et abruptes, etc., il est impossible d'admettre qu'ils ont été amenés par les eaux. Les glaciers, au contraire, dans la limite de leur étendue actuelle, charrient des blocs analogues et les abandonnent dans des conditions semblables. On doit donc admettre que ces blocs ont été laissés par la surface des glaciers, dont la base produisait les argiles à cailloux striés.

Ces blocs sur certains points se trouvent groupés en grand nombre, et mêlés à des débris de toute nature sans aucun ordre, mais formant de longs bourrelets ou série de collines en tout semblables aux moraines des glaciers actuels. C'est là encore une preuve de leur origine glaciaire. Le Mont-de-Sion, qui ferme la vallée du lac de Genève, représente une moraine terminale. Le Chablais, tout le long du lac, offre une belle moraine latérale qui s'abaisse progressivement depuis la Tour-Ronde, près d'Évian, jusqu'aux Voirons. Entre La Roche et Régnier, en Faucigny, on voit une belle moraine calcaire parfaitement conservée.

La nature des blocs erratiques permet de reconnaître d'où provenaient les glaciers qui les ont amenés, et l'étendue qu'occupaient ces glaciers. Tout le bassin du lac de Genève jusqu'à l'extrémité des Voirons, du côté du Couvent, et jusque vers le sommet du coteau de Monthoux, est rempli de débris des roches du Valais, c'était donc là le glacier du Rhône se terminant à la grande moraine du Mont-de-Sion et au Jura. Le glacier de l'Arve remplissait le Faucigny, venait s'adosser au Salève et s'étendait un peu vers Annecy. Le reste de la Savoie était occupé par le glacier de l'Isère.

La hauteur des glaciers dans les vallées peut aussi être déterminée par celle où sont parvenus les débris erratiques. Dans le bassin de Chambéry, M. Chamousset a reconnu qu'ils s'élèvent jusqu'à 1,200 mètres au-dessus de la mer. Au Salève, point de contact des glaciers de l'Arve et du Rhône ; ils vont jusqu'à près de 1,300 mètres. Aux Voirons, du côté de Genève, point abrité, ils ne montent pas à 1,000 mètres.

On ne trouve aucun fossile dans la formation glaciaire.

TERTIAIRE.

3. Pliocène supérieur.

Immédiatement sous le diluvium se trouve un terrain très-improprement appelé alluvion ancienne par M. Élie de Beaumont. Ce n'est point une alluvion puisqu'il date des temps géologiques. C'est la partie supérieure du pliocène, qui a aussi été nommée terrain quaternaire par quelques auteurs, et qui a été confondu avec le diluvium par beaucoup d'autres.

Ce terrain se compose de sables, de graviers, de cailloux, de marnes et d'argiles,

d'autant mieux stratifiés que les éléments sont plus fins ; aussi la stratification est fort irrégulière et, pour ainsi dire, rudimentaire dans les cailloux, tandis qu'elle est très-nette dans les marnes et les argiles. Les graviers et les cailloux se distinguent de ceux de la formation d'écoulement, parce qu'ils sont plus serrés, plus tassés, ayant éprouvé une énorme pression sous les glaces de l'époque diluvienne. Très-fréquemment ils forment des poudingues. Les sables purs, marnes et argiles, sont en général dans la partie inférieure ; les graviers et cailloux dans la partie supérieure. Dans le bassin de Chambéry, presque immédiatement sous les cailloux, se trouve une assez grande puissance de lignites.

Toutes les couches sont parfaitement horizontales, ce terrain s'est donc déposé après les derniers soulèvements des Alpes. Cependant, fait fort curieux, à Genève, parmi les cailloux on en trouve quelques-uns de diverses espèces de porphyre, dont aucun affleurement n'est connu dans les vallées du Rhône ou de l'Arve.

Ce dépôt, qui n'occupe que le fond des vallées sans s'élever nulle part, est essentiellement d'eau douce. Les marnes et argiles contiennent de nombreux débris de coquilles qui, à peu près toutes, appartiennent aux espèces vivant encore dans le pays. Il en est de même des végétaux qu'on observe dans le lignite. Quant aux insectes, ils sont déjà beaucoup plus différents. J'en ai décrit plusieurs espèces nouvelles dans le *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de Savoie.* Les restes de mammifères trouvés dans ce terrain sont peu nombreux ; c'est une défense d'éléphant provenant de l'embouchure de la London dans le Rhône, près de Genève, et des dents de rhinocéros et d'éléphant du canton de Vaud et des plaines du nord du département de l'Isère. Ces restes suffisent pour montrer que c'était l'époque de la dernière faune géologique si riche en grands mammifères.

4. Mollasse marine.

Faisant partie du miocène. Se compose de couches de grès marneux, à ciment calcaire, assez tendres, et se décomposant facilement à l'air, ce qui leur a fait donner le nom de mollasse. Parfois, mais exceptionnellement, ces couches de grès, à grains plus ou moins fins, en contiennent d'entièrement marneuses. Parfois aussi elles en renferment où les cailloux abondent, espèce de poudingue mêlé de sable, connu en Suisse sous le nom de nagelflue.

Cette formation est marine, comme le prouvent les fossiles qu'on y trouve. Les plus communs sont des dents de Squales, des Pecten, des Ostrea et des Venus.

Lamna contortidens Agass.
» dubia Agass.
» cuspidata Agass.
Oxirhina hastalis Agass.
Notidanus primigenius Agass.
Ostrea palliata Goldf.

Près de Chambéry, surtout au coteau de Chaloup et sur la route qui va du Bourget au col du Mont-du-Chat, on trouve des couches de nagelflue, dont tous les cailloux sont criblés de trous de Pholades, dans lesquels on trouve quelquefois la coquille plus ou moins bien conservée.

La mollasse marine s'étend dans la plaine, depuis Chambéry jusqu'au Mont-de-Sion, et depuis Saint-Genix et le Pont-de-Beauvoisin jusqu'au Fort-de-l'Écluse. Elle manque dans le canton de Genève, et se montre de nouveau dans le canton de Vaud, où elle prend un grand développement en s'étendant vers le canton de Berne. Elle n'a point pénétré au milieu des montagnes de la partie haute de la Savoie. Cependant, elle a subi l'action des derniers soulèvements ; ses couches sont sur plusieurs points brisées, bouleversées et assez fortement inclinées. Elles se redressent contre la base des montagnes de la partie basse, mais sans jamais atteindre une grande hauteur.

5. Mollasse d'eau douce.

Fait aussi partie du miocène, se montrant à peu près partout sous la précédente. De composition beaucoup plus variée, et, en général, moins sablonneuse. Contient des argiles, des marnes argileuses, sablonneuses ou calcaires, des grès, des poudingues à ciment calcaire, et même des calcaires assez purs. Toutes ces couches, sauf les dernières, sont encore moins dures que celles de la mollasse marine, et se délitent très-facilement.

Formation d'eau douce, contient moins de fossiles que la précédente, mais tous sont terrestres ou lacustres. Ce sont des Helix, Planorbis, Limnea, Unio, Ciclas et

Paludina, parmi lesquels on remarque l'Helix Ramondi Brong, si caractérisé et si généralement répandu dans le miocène d'eau douce.

On trouve aussi parmi les couches de la mollasse d'eau douce de Savoie, de petits lits de charbon, d'une bonne qualité, mais nulle part assez puissants pour donner lieu à une exploitation. C'est le même combustible qui est exploité dans le canton de Vaud, à Bellemont et à Paudaix, près Lausanne.

La mollasse d'eau douce ne s'arrête pas comme la mollasse marine au Vouache : elle pénètre dans le canton de Genève et s'y montre en plusieurs points. Au Vengeron, près du lac, elle est riche en fossiles, surtout en Unio, et, sur le coteau de Cologny, elle a fourni un assez grand nombre d'espèces, entre autres :

Unio flabellatus Goldf.

Comme la mollasse marine, elle a subi l'action du dernier soulèvement des Alpes.

6. Nummulitique.

Éocène ou tertiaire inférieur. Suessonien B et Parisien A de d'Orbigny. Se trouve dans la région des hautes montagnes en Bauges, dans le val de Thônes, la vallée de Bornes, celle du Reposoir, le plateau du Saxonnet, le massif de Flaine, la vallée de Sixt, la vallée de Saint-Geoires, forme les Voirons et s'étend dans tout le Chablais. S'élève jusque sur les plus hautes montagnes : La Tournette, au-dessus du lac d'Annecy, 2,200 mètres ; l'Aiguille de Varens, près de Sallenches, 2,715 m., et la pointe de Sales, 3,180 m.

Le nummulitique et la mollasse semblent s'exclure mutuellement. Dans toute la partie basse où il y a de la mollasse, il n'y a point de nummulitique ; dans toute la partie haute où s'étend le nummulitique, on ne voit point de mollasse. Les points de contact sont très-peu nombreux. On doit en conclure qu'à l'époque nummulitique toute la partie basse actuelle était à sec et formait une île ou continent, tandis que notre partie haute était un bassin rempli par les eaux de la mer. Cette époque a été terminée par un fort soulèvement qui a donné naissance aux Alpes, et a porté à de très-grandes hauteurs le fond de la mer nummulitique. L'ancien sol émergé est resté au contraire en contre bas, et a formé un bassin qui s'est d'abord rempli d'eau douce, et qui, ensuite, a servi de lit à une nouvelle mer, chassée à son tour par un nouveau soulèvement qui a donné au pays son aspect actuel.

Le nummulitique se divise en deux parties, la partie supérieure, nommée flysch, et la partie inférieure, le calcaire à nummulites.

A. *Flysch.*

Se compose de marnes bleuâtres, devenant roussâtres à l'air, habituellement très-feuilletées, contenant de nombreuses paillettes de mica et des grains siliceux, et se délitant très-facilement à l'air, donnant par leur décomposition une terre glaiseuse. A mesure qu'on remonte la série des couches, on voit les paillettes de mica et les grains de quarz augmenter, et la marne passe insensiblement à un grès marneux en couches plus ou moins épaisses, plus ou moins solides, qui souvent affectent tout l'aspect de la mollasse, et cela à tel point, qu'il est des grès, comme ceux de Bonneville, qu'on hésite à placer dans l'une ou l'autre de ces divisions. Les grès du flysch deviennent même parfois de véritables nagelflue, contenant de nombreux graviers et cailloux. Parfois aussi ils alternent avec de nouvelles couches de marnes.

Les fossiles caractéristiques du flysch sont de nombreuses empreintes de Fucoides, appartenant surtout aux ;

Fucoides Targioni Ad. Brong.
» intricatus Ad. Brong.
» furcatus Ad. Brong?

On y voit en outre de nombreux débris charbonnés, par conséquent noirs, de divers végétaux, mais indéterminables.

Les poissons ont aussi laissé dans les feuillets du flysch des dents, des écailles et quelques autres parties ; mais ces débris épars et incomplets sont fort difficiles à déterminer. Les autres fossiles animaux sont fort rares ; on ne trouve que quelques empreintes de coquilles.

Le flysch forme des masses très-puissantes, et constitue à lui seul des montagnes entières. Les Fucoides prouvent que c'est une formation marine.

B. *Calcaire nummulitique.*

Se trouvant à peu près partout sous le flysch, mais variant assez de composition. Sous ce nom de calcaire nummulitique on comprend un paquet de conglomérat ou

poudingue, de grès durs, de marnes à lignite et de calcaire proprement dit, paquet dans lequel cette dernière roche domine habituellement. Du reste, toutes dans divers endroits passent insensiblement de l'une à l'autre.

Le conglomérat, composé de nombreux cailloux mêlés à du sable et unis par un ciment calcaire plus ou moins abondant, occupe ordinairement la partie la plus inférieure du paquet. On peut très-bien l'observer au-dessus du village de Brison en Faucigny et au Désert, entre Chambéry et les Bauges. Il contient parfois beaucoup de fossiles, entre autres des polypiers et des nummulites.

Les grès durs varient beaucoup dans leur position ; tantôt ils sont dessous le calcaire, tantôt dessus. Leur couleur, d'abord assez claire, se rembrunit à mesure qu'on s'approche des Alpes, des montagnes cristallines. Ils contiennent parfois un nombre très-considérable de nummulites petites et grosses. Doit-on leur rapporter des grès qui, près des Alpes, se trouvent sur le calcaire nummulitique, à la base du flysch, qui prennent les teintes les plus variées, et souvent sont mouchetés de la manière la plus vive, de blanc, de rouge et de noir, et qu'on a souvent désignés sous le nom de grès de Taviglianaz?

Les marnes à lignites sont noirâtres et très-riches en fossiles. A Pernant, dans le Faucigny, elles forment la base du terrain nummulitique ; à Entrevernes, dans le Genevois, elles se trouvent immédiatement sous le flysch. Quelle que soit leur position, les fossiles sont les mêmes ; ce sont des espèces marines, ou tout au moins d'eau saumâtre. MM. Renevier et Hebert vont en publier la liste. On y remarque :

Cerithium plicatum Brug.
« elegans Desh. Tongrien.
» hexagonum Lam. Parisien A.
Natica depressa Desh. Parisien A.
Chemnitzia lactea d'Orb. Parisien B.
Cirena subarata Bron.

Ainsi cette couche fossilifère qui est tantôt à la base, tantôt au sommet du calcaire nummulitique, contient, quelle que soit sa position, mêlée ensemble, des fossiles que d'Orbigny range dans trois de ses étages ou sous-étages.

Le lignite est un bon combustible, qui est exploité depuis longtemps à Entrevernes, qui l'a été au Petit-Bornand et qui va l'être à Pernant, à Montmin et à

Bellecombe. Au milieu du lignite d'Entrevernes se trouvent parfois d'abondantes empreintes de Planorbis.

Les calcaires jaunes clairs au Désert deviennent bleuâtres dans le Faucigny et le Chablais. Ils sont souvent pétris de petites nummulites, qui ne se distinguent bien que lorsque la roche est altérée par l'action de l'air. Ils contiennent en outre des Operculina, de nombreux Pecten, des Serpula, des Ostrea, des Turbinolia, etc., fossiles éminemment marins et parfaitement distincts de ceux qui sont dans les marnes à lignites, et qui appartiennent aux genres Cerithium, Eulima, Natica, Chemnitzia, Astarte, Venus, etc. Si ces couches n'étaient pas mêlées, on en ferait volontiers deux terrains distincts; ce qui montre combien est grande l'influence des milieux sur la population d'une même époque; elle peut la faire varier complétement. Dans son *Prodrome de paléontologie stratigraphique*, d'Orbigny, ne tenant pas compte de cette influence, classe les fossiles de la partie inférieure du nummulitique de Savoie dans deux étages différents, ceux des calcaires dans le Suessonien B, et ceux des marnes à lignites dans le Parisien A.

A leur partie supérieure, dans certaines localités, les calcaires deviennent insensiblement marneux, perdent peu à peu les nummulites, et prennent à la place, des empreintes de Fucoïdes du flysch. Dans le Chablais, on trouve de ces calcaires marneux très-riches en empreintes.

SECONDAIRES.

CRÉTACÉS.

7. Sénonien.

Craie blanche du bassin de Paris, de la Champagne, de la Belgique et de l'Angleterre. Calcaire de Seeven de la Suisse. Ce terrain n'était pas connu en Savoie en 1844, lors de la réunion, à Chambéry, de la Société géologique de France. Il fut découvert l'année suivante, en juin, dans la vallée d'Entremont sur Guier, par MM. François Dumont, Pillet et Chamousset. Ce dernier annonça, la même année, cette découverte à la Société Helvétique des Sciences naturelles, réunie à Genève,

sans nommer ses collègues. Ce fut pourtant M. Dumont qui, le premier, reconnut la nature de ce terrain. Depuis lors, la craie blanche ou sénonien a été signalée successivement à Thônes et à Aillon en Bauges, puis dans plusieurs autres localités. Elle est maintenant constatée dans toute la ligne de montagnes qui, partant du massif de la Grande-Chartreuse, passe par les Bauges, se dirige sur le lac d'Annecy et les vallées de Thônes, de Borne, du Saxonnet et du Reposoir, traverse le Faucigny et va dans le Chablais. Je l'ai constatée au Roc de Chère, au bord du lac d'Annecy, et dans une *Note sur le charbon de Pernant*, publiée dans les *Bulletins de l'Institut Genevois*, je l'ai indiquée dans les montagnes d'Arrache.

Dans le Chablais, le Faucigny et le Genevois, le nom de craie blanche pourrait induire en erreur. En effet, le calcaire sénonien est dur, compact, à cassure esquilleuse, d'un gris blond, prenant parfois une teinte bleuâtre.

Les fossiles sont très-rares dans les trois provinces que je viens de citer. On connaît :

Catillus Cuvieri Brong. de Thônes.
Ananchites conica Agass. id.
Terebratula semiglobosa Sow. ? de Pernant.
Terebratulina du Grand-Bornand.

Dans les Bauges, à Aillon, la roche prend déjà un aspect plus crayeux, plus blanc et les fossiles sont plus nombreux ; il y a entre autres :

Belemnitella mucronata d'Orb.
Ananchites conica Agass.

Dans la vallée d'Entremont, l'aspect du terrain est tout à fait celui des collines de craie blanche de Champagne. Couleur, peu de dureté de la roche, profond ravinement, silex pyromaques, nodules de pyrites, identité des fossiles :

Belemnitella mucronata d'Orb.
Catillus Cuvieri Broug.
Janira quadricostata d'Orb.
Ananchites conica Agass.
» ovata Lam.
Micraster cordatus Agass.

Sur quelques points pourtant, comme à Saint-Jean-de-Coux, le sénonien se pré-

sente sous un aspect tout différent. Il forme de nombreuses strates peu épaisses, qui se séparent en larges dalles jaunâtres.

En général, en Savoie, le sénonien a une faible épaisseur. Peut-on et doit-on le subdiviser en plusieurs étages, comme on l'a fait pour la craie du nord de la France et de l'Angleterre? Rien n'est encore venu le démontrer. Cependant, quelques géologues considèrent les dalles de Coux comme appartenant au turonien, soit, en d'autres termes, à la craie tuffeau. M. Lory rapporte au même terrain les couches inférieures de la vallée d'Entremont, dans lesquelles il a trouvé :

Inoceramus cuneiformis d'Orb.

8. Gault.

Albien de d'Orbigny, grès vert ou du moins partie inférieure des grès verts.

Se présente en Savoie sous trois aspects bien différents : 1° L'aspect de la Chartreuse ; dans la vallée d'Entremont, le gault se compose d'une assise d'environ vingt mètres d'une roche dure, solide, jaunâtre, avec nombreux points miroitants, ressemblant à une lumachelle, et surmontée d'une petite couche sablonneuse avec les fossiles caractéristiques du gault, mais souvent roulés et usés. 2° L'aspect du Rhône, qu'on peut étudier à la Perte-du-Rhône. Le gault y est composé de diverses couches de sables généralement gris ou jaunâtres, plus ou moins riches en fossiles. C'est la partie supérieure qui en contient le plus. La partie inférieure en contient aussi une assez grande quantité, mais ils sont un peu différents comme espèces et généralement blancs. 3° Enfin, l'aspect des Alpes, soit de tous les gisements du Faucigny et du Bas-Valais. Les fossiles sont noirs et se trouvent dans une roche à peu près de la même couleur. La couche la plus supérieure, mêlée parfois, même assez abondamment, d'un calcaire moins foncé que le grès, est celle qui contient le plus de fossiles et la plus grande variété d'espèces. Les couches moyennes dans les Alpes comme à la Perte-du-Rhône, n'en contiennent pas ou presque pas. Les inférieures redeviennent assez fossilifères, mais la population a varié d'espèces ou de proportions dans les mêmes espèces. Couches moyennes et inférieures sont entièrement composées de grès. Entre la Perte-du-Rhône et les Alpes, on peut citer comme gisements intermédiaires le pont d'Entrèves en Bauges, et la Tournette, au-dessus du lac d'Annecy.

La faune du gault est très-riche. M. F.-J. Pictet, qui a publié, en collaboration avec M. Roux, la *Description des mollusques fossiles des grès verts* de la Perte-du-Rhône et des Alpes, a reconnu 280 espèces toutes marines. M. Renevier, rien qu'à la Perte-du-Rhône, a trouvé 201 espèces de poissons, annélides, mollusques, échinides et polypiers. Malheureusement, la plupart du temps, toutes ces espèces ne se montrent qu'à l'état de moule. Les plus caractéristiques du gault sont :

Ammonites Beudanti Brong.
» Mayorianus d'Orb.
» varicosus Sow.
» inflatus Sow.
Hamites Saussureanus Pictet.
» rotundus Sow.
» attenuatus Sow.
» virgulatus Brong.
Turrilites Bergerii Brong.
» Puzosianus d'Orb.
Avellana subincrassata d'Orb.
Natica gaultina d'Orb.
Turbo Pictetianus d'Orb.
Solarium cirroide d'Orb.
» Tingryanum Pict. et Roux.
» Hugianum Pict. et Roux.
» conoideum Sow.
Rostellaria Orbignyana Pict. et R.
» Parkinsoni Sow.
Pterocera retusa Fitton.
Cardita Constantii d'Orb.
Nucula pectinata Sow.
Inoceramus concentricus Park.
» sulcatus Park.
Holaster lævis Agass.
Hemiaster minimus Desor.

Discoidea rotula Agass.

Galerites Castanea Agass.

Les principaux fossiles du gault inférieur sont :

Ammonites Milletianus d'Orb.

» Cornuelianus d'Orb.

» regularis Brug.

» tardefurcatus Leym.

» mamillatus Schlot.

Pleurotomaria alpina d'Orb.

Astarte Dupiniana d'Orb.

Ciprina erviensis Leym.

Mytilus giffreanus Pict. et R.

» Orbignyanus Pict. et R.

Hinnites Studeri Pict. et R.

Rhynchonella sulcata d'Orb.

Mais cette distribution des espèces est loin d'être absolue ; elle varie suivant les localités. Ainsi les Ammonites regularis Brug. et tardefurcatus Leym., qui, à la Perte-du-Rhône, sont à peu près spéciales au gault inférieur où elles abondent, se trouvent en grand nombre dans le gault supérieur du Reposoir. La même observation peut s'appliquer à l'Ammonites mammillatus Schlot. Dans la couche sablonneuse qui forme la partie supérieure du gault de la Chartreuse, on retrouve même presque exclusivement la faune qui ailleurs caractérise le gault inférieur. M. Vallet m'a montré des fossiles venant de cette couche, et j'y ai vu en nombre :

Ammonites Milletianus d'Orb.

» Cornuelianus d'Orb.

» regularis Brug.

» mamillatus Schlot.

Enfin, le gault de Savoie fournit un fait des plus intéressant, non-seulement il contient abondamment :

Ammonites Mayorianus d'Orb.

» latidorsatus d'Orb.

» inflatus Sow.

Turrilites Bergerii Brong.

que d'Orbigny lui-même, partisan par excellence de la spécialité des faunes, reconnaît exister ailleurs dans le gault et le cénomanien ; mais encore sur la montagne des Essets, au-dessus du Platet, en Faucigny, au milieu des espèces du gault supérieur, et mêlées avec elles, on rencontre ;

Ammonites varians Sow.
» Mantellii Sow.

qui, jusqu'ici, avaient été regardées comme spéciales et très-caractéristiques du cénomanien.

9. Aptien.

M. Rochat est le premier qui ait rapporté, il y a quelques années, une partie des roches de la Perte-du-Rhône à l'aptien. MM. Pictet et Renevier, qui publient la monographie des fossiles de ces roches, adoptent la même idée. Ces roches étaient autrefois attribuées en partie au gault et en partie au néocomien supérieur ou urgonien. Elles se composent, en partant d'en haut ; 1° de grès assez durs, contenant beaucoup de fossiles ; c'est l'aptien supérieur avec :

Nautilus Neckerianus Pictet.
Ammonites Cornuelianus d'Orb.
Panopea plicata d'Orb.
Cardium Dupinianum d'Orb.
Astarte Brunneri Pict. et Roux.
Cyprina Ervyensis Leym.
Trigonia nodosa Sow.
Pecten aptiensis d'Orb.
Plicatula placunea Lam.
Ostrea aquila d'Orb.
Rhynchonella lata d'Orb.
Terebratula Dutempleana d'Orb.
Micraster polygonus Agass.

2° De grès marneux, de calcaires marneux et de marnes jaunes et bleues, formant l'aptien inférieur, également très-fossilifère, avec :

Serpula cincta Goldf.
Varigera Rochatiana d'Orb.
Natica rotundata Forb.
Panopea Prevosti d'Orb.
Pholadomya Cornueliana d'Orb.
Cardita fenestrata d'Orb.
Trigonia ornata d'Orb.
Toxaster oblongus Agass.
Orbitolites lenticulata Lam.

Ce dernier fossile, à la Perte-du-Rhône, forme à lui seul une couche entière, désignée sous le nom de calcaire à orbitolithes.

Dans les Alpes on n'a presque pas encore étudié l'aptien, aussi se trouve-t-il assez mal délimité. On doit y rapporter des marnes noirâtres, se délitant très-facilement à l'air, placées immédiatement sous les grès du gault inférieur. Malheureusement on n'y a point encore trouvé de fossiles. Pourtant dans quelques localités de la Suisse frontière : au Col de Brame, Val-d'Illiez ; à la Dent-Rouge, près le Moveran ; au glacier de Paneirossa, près Azeindas, on voit en contact avec ces marnes des calcaires à Orbitolithes lenticulata Lam.

L'aptien de la Perte-du-Rhône est caractérisé par une faune dont l'ensemble est spécial ; mais plusieurs espèces sont communes à ce terrain et au gault. M. Renevier en signale trente-deux. Voici les principales :

Serpula antiquata Sow.
Ammonites mamillatus Schlot.
» Milletianus d'Orb.
Natica gaultina d'Orb.
Solarium granosum d'Orb.
Arca fibrosa Sow.
Mytilus Orbignyanus Pict. et Roux.
Janira quinquecostata d'Orb.
Plicatula radiola Lam.
Ostrea canaliculata Sow.
» Milletiana d'Orb.

Terebratula Dutempleana d'Orb.

Terebrirostra arduennensis d'Orb.

Si, au lieu de s'en tenir simplement à la Perte-du-Rhône, on examinait aussi les terrains des Alpes, on verrait cette liste s'accroître considérablement ; ainsi les :

Astarte gurgitis Pict. et Roux.

Cyprina Ervyensis Leym.

Gervilia alpina Pict. et Roux.

Rhynchonella lata d'Orb.

qui, à la Perte-du-Rhône, ne dépassent pas les grès durs qui forment l'aptien supérieur, suivant MM. Pictet et Renevier, sont abondants dans des couches des Alpes du Faucigny, que je crois ne pas pouvoir séparer du gault inférieur. Il pourrait bien se faire même que de l'étude plus complète de ces couches et de leur comparaison avec les grès durs de la Perte-du-Rhône, on en vienne à joindre ces derniers au gault. L'aptien alors ne commencerait qu'aux marnes, bien qu'entre les marnes et les grès durs il y ait une certaine analogie de faune. M. Renevier a reconnu onze espèces communes à ces deux subdivisions, sur quarante-sept qui ne se trouvent que dans les grès, et soixante et quinze spéciales aux marnes.

10. Urgonien.

Partie supérieure du néocomien, calcaire à Chama ou Caprotina ammonia, calcaire à rudistes. Composé d'un calcaire en général très-pur, solide, fournissant de bons matériaux de construction, plus ou moins blanc, presque couleur de lait et à aspect crayeux loin des Alpes, comme dans le lit du Rhône, entre Seissel et Bellegarde ; tendant au bleuâtre en se rapprochant du centre cristallin, comme à Vallon près Sixt. Contenant un grand nombre de fossiles marins appartenant à la famille des rudistes, soit enroulés du genre Caprotina, autrefois désignés sous le nom de Cama, soit presque droits et allongés du genre Radiolites, démembrement des Hippurites. Ces fossiles intimement liés à la pâte s'extrayent très-difficilement, mais, l'usure produite par les actions atmosphériques sur les surfaces des blocs et des couches, fait bientôt apparaître leur coupe en relief, ce qui fournit un bon caractère pour reconnaître ce terrain.

Le calcaire urgonien étant très-solide a résisté facilement aux divers agents de

destruction; aussi le trouve-t-on abondamment à la surface du sol, et le voit-on s'élever jusqu'au sommet des montagnes dont il forme les cîmes les plus abruptes et les plus dentelées, par exemple dans les chaînes du Vergi et du Méri, dans le Faucigny. Dans les axes de soulèvement en général il s'est peu voûté. N'étant pas flexible, il s'est presque toujours brisé, et forme revêtement des deux côtés de l'axe. Il abonde dans les massifs entre Grenoble, Albertville, Sixt, le Salève et la ligne du Rhône. Ses principaux fossiles sont :

Nerinea gigantea d'Omb. F.
Radiolites neocomiensis d'Orb.
Caprotina ammonia d'Orb.
» Virginiæ Alb. Gras.
Terebratula sella Sow.
Rhynchonella lata d'Orb.

Comme couches subordonnées ou calcaire blanc, on voit sur quelques points des couches de calcaire marneux jaunâtres, parfois bleues à l'intérieur. Ces couches, désignées sous le nom de calcaire à ptérocères, ou calcaire à échinodermes, sont tantôt tout à fait supérieures comme à la Perte-du-Rhône; tantôt intercalées dans les couches de calcaire blanc, mais près de leur sommet, comme à la base du Semnoz du côté d'Annecy et à Hautecombe au bord du lac du Bourget. Mais quelle que soit leur position, elles ont la même faune, qui se rattache à celle des autres couches, mais qui a pourtant un caractère spécial. C'est encore là un exemple frappant de l'influence du milieu sur la nature des faunes. Les principaux fossiles sont :

Pterocera pelagi Brong.
Panopea irregularis d'Orb.
Janira atava d'Orb.
Ostrea harpa Goldf.
Caprotina Lonsdallii d'Orb.
Rhynchonella lata d'Orb.
Terebratula sella Sow.
Nucleolites Roberti Albin Gras.
Toxaster oblongus Agass.
Pygaulus depressus Agass.

et plusieurs autres espèces d'échinides.

La faune de l'urgonien n'est pas, non plus, complétement tranchée de celle de l'aptien. Quelques espèces se trouvent dans les deux terrains :

Ostrea harpa Goldf.
Terebratula sella Sow.
Toxaster oblongus Agass.
Rhynchonella lata d'Orb.

Cette dernière espèce dans les Alpes remonte même jusqu'au gault.

11. Néocomien.

Néocomien proprement dit, ancien néocomien moyen et inférieur, calcaire jaune de Neuchâtel, marnes à Spatangus retusus, ou Toxaster complanatus. Formé d'une alternance de calcaires jaunes ou gris-jaunâtres, à grains verts ou à facettes miroitantes d'un aspect tout particulier, et de marnes grises à l'extérieur, bleuâtres à l'intérieur. Au Mont-du-Chat, le long de la route, on voit ces roches se succéder dans l'ordre suivant, à partir des plus récentes : 1° calcaire jaune à grains verts ; 2° marnes grises et calcaires marneux bleuâtres ; 3° calcaire gris jaunâtre. Aux bains de la Caille, on remarque en descendant la succession suivante : 1° Marnes bleuâtres très-peu développées, colorées en partie en jaune par le fer avec des Mia, Panopea et autres bivalves; 2° calcaires gris-jaunâtres, miroitants, avec de nombreux débris de fossiles et de petites Ostrea ; 3° marnes grises, avec Toxaster complanatus et Ostrea Coulonii ; 4° calcaires miroitants. Ces alternances s'observent depuis le Salève et le Vouache, près de Genève, jusqu'à la cascade de Coux, près de Chambéry. Mais, en se rapprochant des Alpes, les calcaires jaunes et miroitants disparaissent et les marnes prennent un développement de plus en plus considérable en se fonçant de couleur. Les calcaires miroitants inférieurs, partout où ils existent, sont caractérisés par une grande abondance d'Ostrea macroptera et de grosses serpules. Les marnes par les Toxaster complanatus, que l'on appelait autrefois Spatangus retusus, et par les Ostrea Coulonii. Chaque nature de roche a ses fossiles spéciaux ; cependant, l'ensemble de la faune présente un caractère général. Les principaux fossiles dont elle se compose sont :

Belemnites dilatatus Blainv.
Nautilus neocomiensis d'Orb.

Nautilus pseudoelegans d'Orb.
Ammonites radiatus Brug.
» castellanensis d'Orb.
» Leopoldinus d'Orb.
» subfimbriatus d'Orb.
» Astierianus d'Orb.
Panopea rostrata d'Orb.
Gervilia anceps Desh.
Pecten Goldfussii Desh.
Janira atava d'Orb.
Ostrea Coulonii d'Orb.
» macroptera Sow.
Rhynchonella depressa d'Orb.
» Renoxiana d'Orb.
Terebratula Carteroniana d'Orb.
» prælonga Sow.
» tamarindus Sow.
Toxaster complanatus Agass.
Holectypus macropigus Desor.
Diadema rotulare Agass.

Mais sans Aptichus et sans Céphalopodes déroulés, je ne connais qu'un fragment de Crioceras, qu'on dit du Salève.

Entre l'urgonien et le néocomien, le passage des fossiles est assez nombreux pour qu'un grand nombre de géologues ne fassent qu'un seul et même étage de ces deux terrains. D'Orbigny lui-même, grand partisan de la distinction des étages, ne propose celle-là qu'avec hésitation. Les couches néocomiennes dont je viens de parler fournissent :

Janira atava d'Orb.
Rhynchonella lata d'Orb.

qui se voient aussi dans l'urgonien de Savoie, et même à sa partie supérieure dans le calcaire à ptérocéres.

Le néocomien décrit se trouve entre l'Arve et l'Isère; mais, au delà de l'Arve,

aux Voirons, près Genève, on trouve un néocomien tout à fait différent, qui, par la nature de ses fossiles, se rapporte à celui des Alpes bernoises et à celui du midi de la France, département du Var. Il se compose de couches de calcaire marneux, gris-blanchâtre, et de marnes argileuses grises plus ou moins foncées. On y trouve mêlées ensemble, outre un très-grand nombre d'Aptichus et de Céphalopodes appartenant aux genres déroulés : Crioceras, Ptichoceras ou Toxoceras, les espèces suivantes :

Belemnites Orbignyanus Duval.
Ammonites subfimbriatus d'Orb.
» incertus d'Orb.
Crioceras Duvalii Leym.
Terebratula tamarindus Sow.

et
Ammonites angulicostatus d'Orb.
» Rouyanus ou infundibulum d'Orb.
Terebratula diphioides d'Orb.

Les premières, d'après le prodrome de d'Orbigny, appartiendraient au néocomien, les autres à l'urgonien. Les deux faunes seraient donc ici mêlées.

Le Dr Dufresne, de Filinges, a aussi trouvé un beau Crioceras dans des blocs erratiques près du château de Faucigny ; ce qui prouve que le néocomien à criocères s'étend dans la province qui a reçu son nom de ce château.

En examinant la distribution des divers terrains crétacés et éocènes, on voit que les soulèvements des montagnes de Savoie ont commencé vers la ligne du Rhône, et que, vers la ligne des Alpes, ils ont eu lieu plus tard. En effet, le Salève, jusque vers Annecy, le Semnoz en partie, la montagne entre Seissel et Aix, les monts du Chat et de l'Épine, la montagne entre Yenne et la Chaille, se sont formés à la fin de l'époque urgonienne. Les mers sénoniennes et nummulitiques n'ont laissé aucune trace sur ou contre ces montagnes. Dans le massif, entre Coux et le Granier, Chambéry et la Chartreuse, on trouve déjà le crétacé supérieur ou sénonien, mais pas encore le nummulitique ; ce massif est donc postérieur aux montagnes que nous venons de nommer, mais antérieur à celui qui forme les Bauges, et se prolonge jusqu'au Faucigny par Thônes et les Bornands. Ce dernier ne s'est élevé qu'après les dépôts nummulitiques, et son exhaussement, très-probablement, a occasionné l'abaissement de la région du Rhône, qui a été couverte par les mollasses.

JURASSIQUE.

12. Portlandien.

Existe-t-il en Savoie? On donne généralement le nom de portlandien à une assise calcaire, gris-bleuâtre, de peu d'épaisseur, qui se trouve au Salève entre l'oolithe corallienne et le néocomien inférieur. Malheureusement, cette assise est très-peu fossilifère, et les fossiles qui s'y trouvent sont en très-mauvais état. Quelques moules de Nerinea indéterminés ont fait rapporter cette assise à la couche à nérinées, qui caractérise le portlandien du Jura bernois et soleurois. Mais, en Savoie, on trouve des Nerinea dans plusieurs terrains. Le fossile le plus caractéristique de cette assise est une énorme Natica, dont le diamètre dépasse quelquefois vingt centimètres. Ce calcaire, plus ou moins marneux, plus ou moins siliceux, à intérieur bleuâtre, à surface parfois jaunâtre, se retrouve, toujours dans la même position, au Vouache, à la montagne de Saint-Innocent, au Mont-du-Chat et au-dessus de la cascade de Coux. Dans cette dernière localité il est assez fossilifère, et la Société géologique de France, ainsi que M. Chamousset, l'avaient regardé comme formant la partie tout à fait inférieure du néocomien. Au Mont-du-Chat, où l'on rencontre la grosse Natica déjà citée, et, à Saint-Innocent, où ce calcaire contient le Trichites ou Pinnigena Saussurei d'Orb., fossile qui, au Salève, se voit dans l'oolithe corallienne; il constitue, suivant MM. Pillet et Girod, la partie tout à fait supérieure du corallien. On voit que l'âge géologique de cet étage n'est pas fixé. Mais je ne crois pas qu'on puisse en faire du portlandien et encore moins du néocomien. Si ce n'est pas du Kimméridgien, il faut le ranger dans le corallien, dont il constituera la partie supérieure.

13. Kimméridgien.

L'existence du véritable Kimméridgien en Savoie est parfaitement constatée par un certain nombre de fossiles, mais l'étendue de ce terrain est tout à fait limitée. Il n'existe que dans une partie du Chablais, du côté de Darbon. Il se compose de calcaire grisâtre et de marnes noirâtres à fossiles crétacés blancs. Ces marnes contiennent des gisements assez considérables de charbon de bonne qualité. Les deux natures de roche renferment plusieurs espèces de coquilles communes, mais l'en-

semble de leur faune a pourtant dans chacune une physionomie particulière, due à la différence des éléments qui les composent. Voici les principales espèces qu'on trouve dans le Kimméridgien du Chablais :

Venus nuculæformis Rœmer.
Mytilus subæquiplicatus Goldf.
Ostrea solitaria Sow.
Terebratula subsella Leym.
Rhynchonella inconstans d'Orb.

14. Corallien.

Coral-rag des Anglais. Peut être facilement étudié sur le sommet et le revers ouest du Mont-du-Chat, où l'on coupe successivement toutes les couches qui le composent. C'est, à partir d'en haut, un calcaire blanc pur, généralement oolithique, parfois compact et contenant alors de nombreux débris de fossiles indéterminables. Vient ensuite un autre calcaire blanc éclatant, compact, rempli de polypiers, et contenant des fossiles bien conservés. Le tout repose sur une assise non stratifiée de dolomie grenue, blanche ou jaunâtre, qui a une fausse apparence de grès. Exposée à l'air, elle se couvre de cryptogames, qui lui donnent une teinte noire, et ses masses bizarrement découpées ressemblent à des ruines. C'est la base du terrain corallien.

Près de Genève, au Salève, la partie supérieure du calcaire corallien, d'un beau blanc, est aussi très-oolithique, avec de nombreux débris de polypiers et de fossiles roulés, parmi lesquels on trouve en bon état :

Diceras Lucii Defr.
Pinnigena ou Trichites Saussurei Desh.

La partie inférieure, également blanche, est compacte, avec un très-grand nombre de polypiers bien conservés, mais fort empâtés et saccharoïdes. On y trouve aussi outre des Pecten, Cardium, Avicula, etc.

Terebratula insignis Schub.
» bucculenta Sow.
Rhynchonella Astieriana d'Orb.

La base du corallien ne se montre pas au Salève, aussi ne peut-on dire si la dolomie y existe.

Le corallien ne pénètre pas dans les Alpes. Il ne s'éloigne même pas de la ligne du Rhône. On le trouve au Salève, au Vouache, dans la montagne entre Seissel et Aix, au Mont-du-Chat et de l'Épine, à la cascade de Coux, mais pas au delà, il manque à la Chartreuse, au Granier, au Nivolet, dans les montagnes du lac d'Annecy.

15. Oxfordien.

Marnes oxfordiennes, Oxford-clay des Anglais. Se compose de haut en bas, dans le bassin du Rhône et du Bourget, d'un calcaire jaunâtre, qui, parfois contient, comme à la Balme, près Yenne, un très-grand nombre de boules siliceuses, ce qui lui a fait donner le nom de calcaire à chailles. Au-dessous vient une grande série de marnes et calcaires marneux gris-bleuâtres ; enfin, à la base un calcaire gris-blanc, très-compact, comme à Lémenc, près Chambéry, et aux Voirons, près Genève. En se rapprochant des Alpes, marnes et calcaires se rembrunissent, et les chailles disparaissent ; l'aspect devient plus uniforme ; le calcaire gris-blanc se change sur certains points en très-beau marbre noir, comme à Grésy-sur-Isère, à Talloires, etc. La puissance de l'oxfordien est très-considérable, et il présente plusieurs localités assez fossilifères :

Aptichus latus Park.
» lamellosus Park.
Belemnites hastatus Blainv.
» Sauvanosus d'Orb.
» Didayanus d'Orb.
Ammonites tortisulcatus d'Orb.
» plicatilis Sow.
» perarmatus Sow.
» tatricus Pusch.
» Erato d'Orb.
» oculatus Bean.
» Adelæ d'Orb.

Rhynchonella lacunosa d'Orb.
Terebratula nucleata Schl.

Ce dernier fossile, qui se trouve assez fréquemment aux Voirons dans le calcaire oxfordien inférieur avec les Ammonites plicatilis, tortisulcatus et tatricus, est indiqué par d'Orbigny comme appartenant ailleurs au corallien.

Ce qui montre combien a été grande l'influence des milieux sur les faunes fossiles, ce sont les rapports qui existent entre la faune néocomienne et la faune oxfordienne des Voirons. Ces deux faunes, ayant vécu à des époques très-éloignées l'une de l'autre, sont différentes en tant qu'espèces, mais le milieu où vivaient ces différentes espèces étant à peu près le même, les formes ont entre elles une grande analogie. Les Aptichus se sont largement développés dans les deux terrains. Les Céphalopodes y ont été très-nombreux, et, parmi les Ammonites, on voit les formes se rapprocher tellement, que d'excellents paléontologues ont hésité à séparer les deux terrains. Les échinides des deux époques étaient à test mince. Dans le néocomien, on trouve la Terebratula diphioides d'Orb. qui a tout à fait son analogue Terebratula dyphia de Buch dans l'oxfordien.

L'oxfordien forme la base abrupte de la plupart des hautes montagnes, à partir de la rive droite de l'Isère, de Grenoble à Albertville, et de là se prolonge jusque dans le Chablais. Le retrouve-t-on au delà du massif cristallin qui, partant des Aiguilles Rouges et du Mont-Blanc, se dirige vers l'Oisans en coupant la Savoie en écharpe? Aucun fossile n'est venu le prouver. Cependant, MM. Angelo Sismonda et Fournet rapportent à ce terrain des grès, des poudingues et des calcaires schisteux renfermant de l'anthracite, qui se trouvent aux Houches, près de Chamounix, au Petit-Saint-Bernard, à Sainte-Foy, à Aime, à Bozel en Tarentaise, et à Saint-Michel, au Mont-Ambin en Maurienne; bien que ces roches contiennent des empreintes de plantes qui se rapportent à la flore houillère. Bien plus, ils font remonter jusqu'au corallien, kimméridgien et portlandien, les calcaires cristallins et compacts du sommet des montagnes de Macot et du Mont-Ambin au col de la Roue S.-O. du Mont-Cenis.

16. Callovien.

Oxfordien inférieur, Kellovien, Kellovay-roc, argiles de Dives. Parfaitement caractérisé à Chanaz, entre le Rhône et le Mont-du-Chat, au point où le lac du Bourget verse ses eaux dans le fleuve. Il est formé d'une oolithe ferrugineuse, qui n'a qu'un mètre de puissance, mais qui est très-riche en fossiles d'une belle conservation :

Belemnites hastatus Blainv.
Nautilus hexagonus Sow.
Ammonites tatricus Pusch.
» Backeriæ Sow.
» lunula Zieten.
» anceps Rein.
» coronatus Brug.
» Jason Ziet.
» lenticularis Phill.
» funiferus Phill.
» macrocephalus Schl.
» hecticus Hartm.
» Herveyi Sow.
» cristagalli d'Orb.
» Hommairei d'Orb.
» sabaudianus d'Orb.
» bullatus d'Orb.
Acteon sabaudianus d'Orb.
Pholadomia crassa Agass.
Terebratula bicanaliculata Schlot.
Disaster ovalis Agass.
» ellipticus Agass.

Ce qu'il y a de curieux et d'intéressant dans le gisement de Chanaz, c'est que dans une même couche, qui n'a qu'un mètre d'épaisseur, on trouve ensemble des espèces qui appartiennent à trois terrains différents. L'état de conservation des fossiles ne permet pas de supposer un remaniement. C'est donc un argument des

plus puissants contre la distribution et la spécialité absolue des espèces par terrain.

On trouve appartenant à l'oxfordien :

Belemnites hastatus Blainv.
Ammonites tatricus Pusch.

Au callovien proprement dit :

Ammonites Backeriæ Sow.
» funiferus Phill.
» lunula Zieten.
» anceps Rein.
» coronatus Brug.
» Jason Zieten.
» lenticularis Phil.

A la grande-oolithe ou bathonien :

Ammonites macrocephalus Schl.
» hecticus Harm.
» bullatus d'Orb.
» Herveyi Sow.

Nulle part ailleurs en Savoie on n'a trouvé le callovien caractérisé comme à Chanaz par une faune abondante. Mais est-ce à dire pour cela qu'il n'existe pas? Il est probable que, dans l'oxfordien qui se rapproche des Alpes, ces deux terrains se confondent et passent insensiblement de l'un à l'autre. Les couches inférieures des montagnes de la rive droite de l'Isère, entre Montmélian et Albertville, n'ont pas encore fourni assez de fossiles pour trancher directement la question ; mais elles sont le prolongement des couches de Grenoble, Meylan et Biviers, où le mélange et le passage dont je parle existent. Et ce mélange a été reconnu par M. Pictet dans les couches inférieures de l'oxfordien des Alpes bernoises.

D'autre part, si, avec quelques géologues, on considère l'Ammonites tripartitus Rasp. comme un fossile caractéristique du callovien alpin, ce terrain existe sur une assez grande étendue en Chablais ; cette Ammonites a été trouvée sur plusieurs points, entre autres à Bellevaux et au delà de Meillerie, c'est-à-dire aux deux extrémités de la province.

17. Oolithe.

Paraît manquer complétement dans les Alpes, ou, du moins, s'y fondre avec le callovien et l'oxfordien. Mais se montre nettement caractérisée dans le département de l'Ain et jusqu'en Savoie sur les bords immédiats du Rhône, où elle forme un escarpement entre Chanaz et Lucey, au-dessous de la couche callovienne. Elle se compose d'un calcaire grisâtre, siliceux, compacte ou arénacé, contenant un assez grand nombre de fossiles :

Ammonites Eudesianus d'Orb.
» planula Hell.
» subradiatus Sow.
» interruptus Brug.
» biflexuosus d'Orb.
» polymorphus d'Orb.
Lima proboscidea Sow.
Hemithiris spinosa d'Orb.

Parmi ces fossiles, il en est qui, d'après d'Orbigny, appartiennent à la grande-oolithe ou bathonien, tels sont :

Ammonites planula Hell.
» biflexuosus d'Orb.

Les autres, d'après le même auteur, font partie de la faune de l'oolithe inférieure ou bajocien. A Chanaz ces divers fossiles paraissent être mêlés ; cependant, il est difficile d'affirmer le fait d'une manière irrécusable, parce que les fossiles sont très-rarement trouvés en place ; on les recueille dans les vignes au-dessous de l'escarpement. Cependant, le plus abondant, l'Hemithiris spinosa, qui, d'après d'Orbigny, est caractéristique de l'oolithe inférieure, se montre dans toute la hauteur de la formation, depuis les couches les plus basses jusqu'au contact du callovien. Les deux étages oolithiques ne paraissent donc pas devoir être séparés en Savoie.

Les terrains jurassiques qui précèdent ayant tous été recouverts par des terrains postérieurs, se montrent en général au fond des cluses profondes, sur les faces d'escarpement des montagnes, ou bien forment à leur pied des monticules du côté de ces faces. Dans toute la Savoie, entre le Rhône, depuis le Valais jusqu'à Saint-

Genix ; l'Isère, de Barreaux à Albertville, et le massif cristallin qui coupe le pays en écharpe, sauf peut-être au sommet du Chablais, on ne trouve aucun exemple de stratification évidemment discordante entre les terrains jurassiques et ceux qui se sont déposés ensuite. Le sol de cette partie de la Savoie n'avait donc aucun relief un peu important avant la fin de l'époque urgonienne.

18. Lias.

Les géologues ont généralement divisé le lias en trois parties : lias supérieur, lias moyen et lias inférieur. D'Orbigny, exagérant la valeur de ces trois divisions, en a fait trois terrains distincts, sous les noms de toarcien, liasien et sinémurien. En Savoie on ne peut faire que deux coupes, le lias supérieur très-considérable, et le lias inférieur assez restreint.

A. *Lias supérieur.*

Comprenant tout à la fois le lias supérieur proprement dit, toarcien, ou marnes supérieures du lias, et le lias moyen, liasien ou calcaire à Gryphea cimbium. Il se compose presque exclusivement de schistes argileux brunâtres, passant fréquemment à l'état d'ardoises et de quelques calcaires également de couleurs foncées, il se montre des deux côtés du massif cristallin, qui coupe la Savoie dans son milieu, mais ne s'écarte pas de ce massif. On le voit sur le côté occidental, depuis Allevard jusqu'à Sallenches, aux monts Joli et Lachat sur Saint-Gervais, au Buet et à Meillerie. Sur le côté occidental il a été bien constaté à Naves, près de Petit-Cœur ; aux cols de la Magdeleine et des Encombres, entre la Tarentaise et la Maurienne.

A Meillerie il contient :

Ammonites Aalensis Zieten, lias supérieur.
» fimbriatus Sow., lias moyen.

Au Buet :

Belemnites allongées.
Ammonites variabilis d'Orb., lias supérieur.

Au Mont-Lachat :

Belemnites diverses allongées.
Belemnites canaliculatus Schl., lias supérieur.

Au Mont-Joli :

Belemnites niger Lister, lias moyen.

Ammonites variabilis d'Orb., lias supérieur.

Au col de la Magdeleine :

Ammonites Comensis de Buch, lias supérieur.

Amonites Normanianus d'Orb., lias moyen.

» Collenoti d'Orb., lias inférieur.

Au col des Encombres :

Ammonites radians Schl., lias supérieur.

» planicostatus Sow.
» fimbriatus Sow.
» margaritatus Monf.
Pleurotomaria expansa d'Orb.
Rhynchonella variabilis d'Orb.
} lias moyen.

Sur tous les autres points on trouve des Belemnites plus ou moins allongées, cylindriques ou pistilliformes, parmi lesquelles il en est qui se rapportent aux Belemnites niger Lister.

B. *Lias inférieur*.

Il doit probablement exister partout au-dessous du précédent ; mais jusqu'à présent je n'ai pu le constater d'une manière positive par ses fossiles, que sur trois points :

1° Meillerie, à l'est du village, au bord du lac de Genève, forme des couches nombreuses, peu épaisses, d'un calcaire un peu sableux, noirâtre, très-dur, qu'on exploite comme mœllon. Contient ;

Ammonites Kridion Hehl.

» bisulcatus Brug. A. Bucklandi Sow.

Pecten.

D'autres couches, à l'ouest du village, calcaire plus pur servant à faire de la chaux, renferment en abondance diverses petites Bivalves, des petites Ostrea et de nombreux Pecten, les uns lisses, les autres côtelés, parmi lesquels il y en a de semblables à ceux des couches à Ammonites bisulcatus, et d'autres se rapportant

au Pecten Valoniensis Defr. du lias inférieur et même des grès infraliasiques. Ces couches à bivalves se retrouvent de l'autre côté du lac, à la Dent de Jaman, au-dessus de Montreux ;

2° Entre Beaufort et Arrêche on exploite une carrière d'ardoises, immédiatement superposée aux grès anthraxifères. J'y ai trouvé le Belemnites minimus Miller, caractéristique du lias inférieur ;

3° Petit-Cœur où l'on trouve, aussi dans des ardoises :

Pentacrinites.
Belemnites minimus Miller.
Ammonites bisulcatus Brug.

Ce qu'il y a de bien remarquable, c'est que ces ardoises, qui font évidemment partie du lias inférieur, comme le prouve leur faune, sont inférieures à des schistes argileux à empreintes végétales d'espèces houillères ; bien plus, elles sont intercalées en stratification régulière et concordante entre deux assises de grès anthraxifère. Cette curieuse anomalie a été signalée dès 1828 par M. Élie de Beaumont, et depuis lors n'a pas encore été expliquée. La conclusion qui semble la plus naturelle et qui seule tranche la difficulté, c'est que, dans certains cas, la flore houillière a pu être contemporaine de la faune liasique.

19. Trias.

En 1843, M. Fournet signalait à la Société de Lyon les grès multicolores d'Allevard comme appartenant au trias, à cause de leur ressemblance avec les grès bigarrés en général, et de leur position sous les couches fossilifères. Depuis, en 1849, il a fort étendu le trias alpin, qui, dit-il, ressemble beaucoup au trias atrophié des environs de Lyon. On y trouve des grès nuancés de diverses manières, quelques conglomérats, des calcaires, des carnieules, des dolomies ferrugineuses et magnésiennes. Les grès sont souvent très-siliceux, tellement, qu'on y trouve des veinules jaspoïdes. Le plus grand développement du trias alpin se montre au col du Bonhomme, où il forme les grès singuliers de de Saussure. Les autres gisements sont le Trient, le col de Salenton, quelques points de la vallée de Chamounix, les Chavants, Saint-Gervais, sur le versant sud du col de la Madeleine, à Allevard. Ce qui précède, emprunté textuellement à M. Fournet, n'est pas suffisant pour établir

l'existence du trias, que la découverte d'aucun fossile n'est venu confirmer. C'est d'autant moins concluant, que l'on voit sur plusieurs points le lias et l'anthraxifère en contact immédiat, et que toutes les roches citées se classent facilement dans l'un ou l'autre de ces terrains. M. Escher avait cru aussi, d'après certains fossiles, que le trias devait se rencontrer dans le Chablais, près de Meillerie, mais j'ai vainement cherché à vérifier ces prévisions. Je n'ai rencontré de fossilifères que les divers étages jurassiques et surtout le lias.

20. Anthraxifère.

L'anthraxifère est un terrain éminemment alpin. D'une composition très-variée, d'autant plus que les roches dont il est formé ont été souvent modifiées, et parfois métamorphosées par l'action de la chaleur. L'anthracite lui-même, dont il tire son nom, n'est autre chose qu'une houille qui a perdu ses gaz sous l'influence d'une haute température, c'est du coke naturel qui, au lieu d'être poreux, est très-compact, parce qu'il a subi une forte pression. Cependant les roches principales et normales qui constituent l'anthraxifère sont des schistes noirâtres, renfermant parfois des empreintes végétales assez abondantes et généralement enduites de talc, et des grès plus ou moins grossiers, habituellement talcqueux, passant au poudingue et même au conglomérat. Ces poudingues et conglomérats sont généralement désignés sous le nom de poudingues de Valorcine, parce que c'est dans cette localité qu'ils ont été tout d'abord étudiés. Ils contiennent aussi, mais plus rarement, des empreintes végétales. L'anthracite existe en couches au milieu de ces grès et surtout de ces schistes.

Sur le côté ouest de la grande zône cristalline, le terrain anthraxifère se trouve presque toujours en contact avec les roches qui forment cette zône ; mais sur le côté est, il n'en est point de même, outre une série de gisements en contact avec les roches cristallines, on en voit d'autres séries assez éloignées. Telles sont celles qu'on rencontre entre Moûtiers et Bellentre et au delà d'Aime en Tarentaise.

Dans les rochers anthraxifères on n'a encore signalé aucun fossile animal. Mais on y trouve de nombreuses espèces végétales. Les principales sont :

Nevropteris tenuifolia Ad. Brong.
» gigantea Ad. Brong.

Odontopteris Brardi Ad. Brong.
» obtusa Ad. Brong.
Pecopteris polymorpha Ad. Brong.
» arborescens Ad. Brong.
Pecopteris obtusa Ad. Brong.
» cyathea Ad. Brong.
Annularia brevifolia Ad. Brong.

M. Adolphe Brongniart, ayant étudié vingt-quatre espèces de plantes de l'anthraxifère, a reconnu que vingt-deux sont spéciales à la flore houillière, et que les deux autres paraissent être des espèces nouvelles, qui ont cependant leurs analogues dans la même flore.

M. Oswald Heer, de son côté, a étudié vingt-huit espèces, en joignant ces espèces à celles décrites par Brongniart et Bunbury, on en connaît quarante-huit espèces, dont cinq seulement sont particulières au terrain anthraxifère, six sont douteuses et trente-sept se rapportent exactement aux plantes du terrain houillier ou carboniférien, sans aucun mélange de plantes du trias, ni de celles du lias. Ces plantes se trouvent indistinctement dans tous les gisements, qu'ils soient en contact avec les roches cristallines, ou qu'ils en soient éloignés. M. Studer en a conclu, que tout le terrain anthraxifère appartenait à une seule et même époque contemporaine de l'époque houillière ou carboniférienne.

M. Angelo Sismonda, se préoccupant beaucoup moins des fossiles végétaux, a étudié la disposition générale des couches, et ayant remarqué qu'en Tarentaise, si l'on va depuis Petit-Cœur, où l'on quitte la zône cristalline jusqu'au delà d'Aime, on coupe une longue série de couches qui toutes ont à peu près la même direction, et s'inclinent d'une manière uniforme vers cette zône cristalline, il en a conclu que les couches sont d'autant plus supérieures, par conséquent d'autant plus récentes, qu'on s'éloigne davantage. Comme immédiatement après Petit-Cœur, à Naves, à la Madeleine, aux Encombres, on trouve le lias supérieur, suivant M. Sismonda, les séries de gisements anthraxifères qui se montrent ensuite au col des Encombres, à Moûtiers, etc., appartiennent à la partie supérieure du lias supérieur. Il fait même remonter jusqu'à l'oxfordien la série de gisements qui se montre encore plus loin dans la vallée du Doron et à Aime. Il divise donc le terrain anthraxifère en trois

grandes assises : la liasique inférieure, la liasique supérieure et l'oxfordienne, assises qui pourtant contiennent toutes les trois la même flore, flore entièrement carboniférienne, et il groupe sous le nom de conglomérats infra-liasiques les poudingues inférieurs.

Les deux conclusions sont très-rationnelles, chacune a son point de vue, pourtant elles s'excluent mutuellement. J'ai donc cherché si de nouveaux faits ne pourraient pas éclairer la question. Je me suis livré à l'étude des cailloux qui forment les poudingues de l'assise supérieure. J'ai examiné un très-grand nombre de ces cailloux, soit à Aime et à Macot, soit dans la vallée Doron. Je les ai toujours trouvés composés de roches cristallines : quarz, gneiss, steaschistes, schistes noirs anciens, micaschistes et autres variétés de ces roches sur lesquelles sont immédiatement superposées les couches inférieures du terrain anthraxifère, les couches infra-liasiques de M. Sismonda, les couches carbonifériennes de M. Fournet. Mais je n'ai pas rencontré le moindre vestige de calcaire, de dolomie, de gypse, de schiste argileux proprement dit, d'ardoise ou même de grès et poudingue remanié, roches qui pourtant, au moins en partie, existaient en grande abondance dans les Alpes avant l'époque du lias supérieur, et, à plus forte raison, avant celle de l'oxfordien. On ne peut objecter que ces roches, n'étant pas encore disloquées ou dénudées, ne pouvaient fournir des matériaux, puisqu'entre le lias et les roches infra-liasiques et celles attribuées au trias il y a des discordances de stratification signalées par MM. Sismonda et Fournet eux-mêmes. De plus, des révolutions capables d'accumuler dans des bassins profonds les masses de cailloux des poudingues antraxifères ont dû sillonner le sol et dénuder sur de nombreux points les roches inférieures. On ne peut objecter non plus que les calcaires, schistes argileux ou grès, étant moins durs, seront entièrement brisés, puisqu'on trouve dans les poudingues de nombreux débris de schistes noirs et de micaschistes fort tendres, bien plus tendres que les roches que je viens de nommer. Ces recherches appuient donc complétement l'opinion de M. Studer, et l'on doit ranger l'ensemble de l'anthraxifère dans le carboniférien.

Reste l'anomalie de Petit-Cœur où des plantes carbonifériennes se trouvent régulièrement superposées à des animaux de l'époque du lias inférieur. Mais cette anomalie se comprendrait en admettant, comme semble l'établir l'observation, que

l'époque triasique n'a point existé en Savoie. L'époque carboniférienne se serait alors maintenue dans le pays jusqu'à l'époque liasique, et, à l'origine de cette dernière époque, il y aurait eu accidentellement intercalation de plantes carbonifériennes au milieu de dépôts de la mer liasienne, cette mer n'ayant englouti que successivement le sol couvert de ces plantes.

21. Cristallin.

Sous ce nom de cristallin, je comprends toutes les roches ignées, qu'elles aient été toujours sous l'influence du feu, ce qui constitue les roches plutoniques proprement dites, ou bien qu'elles aient été simplement altérées par lui après leur formation, ce qui est le propre des roches métamorphiques.

Les roches plutoniques se subdivisent en roches primitives et en roches d'éjection. Ces dernières sont celles qui, à diverses époques, sont sorties du sein de la terre à l'état liquide ou du moins à l'état pâteux, et qui se sont intercalées entre les autres roches et s'y sont solidifiées. La plus importante et la plus développée en Savoie est, sans contredit, la protogine ou granite talcqueux, qui forme le massif du Mont-Blanc, et se retrouve sur plusieurs autres points. Puis après la serpentine, qui forme un énorme massif entre Bessans et Bonneval en Maurienne, et se retrouve, mais moins développée, au Mont-Cenis, au Mont-Iséran et au Montanvers. Viennent ensuite le granite, formant des filons à Valorcine, et la diallage, qui se montre en Maurienne au-dessus de Villarrodin et près de Bessans. Ce qui prouve que la protogine est bien une roche d'éjection, fait qui a été plusieurs fois contesté, c'est qu'on n'en trouve point de débris dans les poudingues anciens, qui pourtant renferment des cailloux de roches primitives et de roches qu'on peut déjà rapporter aux métamorphiques.

Les roches primitives et les roches métamorphiques sont d'autant plus difficiles à séparer, que, lors des premiers sédiments, il a dû se former des roches qui subissaient tout à la fois l'influence du feu et celle de l'eau. Ces roches intermédiaires occasionnent de nombreuses difficultés, lorsqu'il s'agit de déterminer et de classer les roches cristallines. Je vais donc, laissant les roches primitives et métamorphiques ensemble, tracer leur distribution géographique :

Les roches cristallines en Savoie forment une longue bande qui coupe le pays en

écharpe du nord-est au sud-ouest. Elle part de la pointe d'Ornex, près de Martigny, dans le Valais, et constitue le massif du Mont-Blanc. Elle se resserre considérablement aux cols de la Seigne et du Bonhomme, et s'élargit ensuite en remontant vers Héri et Ugines ; puis elle est limitée sur le côté ouest-ouest-nord par Conflans, Aiguebelle et Allevard ; sur le côté est-est-sud ses limites sont, en remontant, le col du Glandon, sur la frontière de France, à l'est de Saint-Sorlin-d'Arve, la Chambre, le col de la Madeleine, Petit-Cœur et la Gite, au sommet du val de Beaufort. Cette bande est flanquée de deux petits massifs, l'un au nord-ouest, partant de la Dent de Morcles et venant se terminer à Servoz, après avoir formé la base du Buet et le Brévent ; l'autre au sud-est, allant de Saint-Jean-de-Maurienne jusque vers la Chambre. A l'ouest, en deçà de la bande dont je viens de parler, il n'existe pas d'autre roche cristalline. A l'est, en delà de cette bande, on rencontre plusieurs autres massifs dans la haute Tarentaise et la haute Maurienne. Mais, comme les roches métamorphiques y abondent et passent par des nuances insensibles aux roches conservant leurs caractères sédimentaires, il est fort difficile de bien circonscrire les massifs. J'indiquerai seulement les points principaux : le Mont-Valésan, les montagnes au-dessus de Peisey, le Mont-Iséran, le massif de la Vanoise, le Mont-Cenis et Rochemelon.

C'est dans les roches cristallines ou dans leur voisinage immédiat que se trouvent en Savoie les gisements métallifères. Ils sont fort nombreux et parfois très-puissants. Ils se composent de fer carbonaté, de fer oligiste, de plomb sulfuré plus ou moins argentifère, de pyrite cuivreuse, de cuivre gris argentifère, de zinc sulfuré, de pyrite arsénicale et d'antimoine. Les fers et les plombs donnent lieu à de grandes exploitations.

22. Sidérolitique.

Enfin, on trouve disséminé sur plusieurs points de la Savoie des amas de sables siliceux très-purs, et alors d'un blanc parfait, ou bien de sables ferrugineux rouges ou bruns, sans aucun fossile : c'est le terrain sidérolitique. Ce sont des dépôts de silice et de fer dus à des sources thermales. Ces dépôts se voient en abondance au Salève, surtout vers Cruseille, en Bauges, au-dessus du Grand-Bornand, etc., etc. Partout ils sont postérieurs à l'urgonien, et antérieurs à la mollasse, à laquelle ils

ont fourni de nombreux éléments, comme on peut facilement l'apprécier à Archamp, au pied du Salève. On peut encore préciser d'une manière plus exacte l'époque de l'apparition de ces sables. Dans la vallée de Coux, près de la grotte des Échelles, ils sont supérieurs aux dalles de la craie. A Entrevernes, les grès à nummulites paraissent en partie composés de sables sidérolitiques. Enfin, en Bauges, à Plainpalais, à Arith et à Annecy-le-Vieux, on dirait ces sables intercalés dans le nummulitique. Cependant, il n'est pas certain qu'ils aient apparu tous en même temps.

C'est à la même époque et à la même cause qu'il faut rapporter la formation des dépôts de fer hydraté qu'on exploite sur plusieurs points de la Savoie, dans les cavités de l'oolithe corallienne au Mont-du-Chat, dans celles de l'urgonien, calcaire à caprotines, sur la colline d'Annecy et à Sévrier, etc. Ces hydrates sont, en général, des amas de pyrites décomposées, comme le prouvent les parties encore pyriteuses qui se trouvent au milieu des blocs épais, et les nombreux cristaux cubiques qu'on retrouve dans le gisement.

RÉSUMÉ.

La Savoie est coupée en écharpe par une zône de roches cristallines, qui, partant du nord-est, massif du Mont-Blanc, se dirige vers le sud-ouest dans l'Oisans.

Sur chacun des côtés de cette zône, à partir des dernières roches cristallines, on trouve :

1° Le terrain anthraxifère, qui représente dans les Alpes l'époque carboniférienne.

2° Le lias inférieur.

3° Le lias supérieur.

Dans la partie de la Savoie qui regarde le Piémont, au delà du lias supérieur, on ne trouve plus que des réapparitions des roches cristallines, carbonifériennes et liasiques, sans qu'il soit possible de constater d'une manière positive des roches d'une époque postérieure.

Dans la partie qui regarde la France, on voit, au contraire, se succéder d'une manière bien caractérisée presque toute la série des terrains supérieurs.

4° Oolithique, ne se trouve nettement caractérisé qu'à l'extrême frontière de Savoie, au bord du Rhône; mais ne s'y subdivise pas en deux étages.

5° Callovien, bien tranché que dans une seule couche ferrugineuse, à Chanaz; partout ailleurs se confond avec l'oxfordien.

6° Oxfordien, très-développé, recouvrant dans les Alpes le lias supérieur, et se montrant à peu près dans tout le pays à la base des grands escarpements.

7° Corallien, partie moyenne des escarpements, seulement le long du Rhône, d'Annemasse aux Échelles.

8° Kimméridgien, bien caractérisé que dans l'extrême nord, et se développant du côté de la Suisse.

9° Portlandien n'existant probablement pas.

10° Néocomien, se montrant partout entre le Rhône et la zône cristalline sous deux aspects différents.

11° Urgonien, à peu près la même étendue. Terminant la croupe des montagnes.

12° Aptien, et

13° Gault, s'accompagnant et se montrant à peu près partout, mais morcelés à cause de leur peu de résistance aux actions violentes,

14° Sénonien, vallée de Coux et montagnes de la Chartreuse, filant de là sur les croupes des Bauges, de Thônes, du Saxonnet, du Reposoir, du massif de Flaine, etc.

15° Nummulitique, avec ses deux étages : calcaire à nummulites et flysch occupant la même étendue, moins Coux et la Chartreuse, mais se développant dans le Chablais.

16° Mollasse, d'eau douce inférieurement, marine supérieurement, occupant toute la plaine, et s'excluant mutuellement avec le nummulitique.

17° Pliocène supérieur, partie les plus basses des plaines.

18° Diluvium, dépôt glaciaire, partout, jusqu'à une hauteur de 1,000 à 1,400 m.

19° Alluvions, partout aussi. Ces deux terrains se retrouvent au delà de la zône cristalline.

20° Sidérolitique disséminé sur les montagnes.

Le trias n'ayant pas existé, l'époque carboniférienne se serait continuée jusqu'à l'époque liasique, et aurait même intercalé sa flore au milieu de la faune du lias inférieur, comme on l'observe à Petit-Cœur.

En outre, l'étude de la géologie de la Savoie paraît conduire à deux conclusions très-importantes sous le rapport théorique :

1° La grande influence des milieux sur la distribution des espèces. Ce qui fait que dans les diverses couches d'un terrain, si la nature de la roche n'est pas la même, on peut trouver des faunes très-différentes, tandis que des terrains très-tranchés, si les conditions d'existence ont été à peu près les mêmes, ont des faunes très-analogues. Cela expliquerait comment entre des coupes voisines une faune ancienne à pu réapparaître, quand le milieu était le même. Le phénomène des colonies que M. de Barande a le premier signalé dans le silurien de Bohême et qui existe aussi dans d'autres terrains, n'aurait donc plus rien de surprenant.

2° La seconde conclusion est le passage d'espèces d'un terrain dans un autre, toutes les fois qu'il y a concordance de stratification, et que la succession de ces deux terrains ne s'est pas faite d'une manière violente. Pour caractériser une époque géologique, il ne suffit donc pas de considérer un ou deux fossiles, il faut étudier l'ensemble de sa faune ou de sa flore.

EXPLICATION DE LA COUPE.

A l'appui des considérations générales que j'ai exposées dans ce Prodrome, je donne une coupe proportionnelle traversant la Savoie de l'ouest-nord-ouest à l'est-sud-est, partant du Rhône entre Chanaz et Lucey, et aboutissant aux glaciers qui dominent les vals de Peisez et de Prémou, en Tarentaise. Cette coupe nous montre la succession et la position respective de tous les terrains de la Savoie, et leur disposition de chaque côté du massif cristallin.

Pour la partie topographique, je me suis servi de la carte des États-Sardes, publiée par l'état-major, comme étant incontestablement la meilleure. Son échelle est de 1 pour 250 mille, proportion trop faible pour une coupe, aussi l'ai-je triplée. Ma coupe se trouve donc à l'échelle de 1 pour 83,333. Les hauteurs sont dans les mêmes proportions que les longueurs.

Pour éviter de donner une planche de trop grande dimension, j'ai divisé ma coupe en quatre parties, qui peuvent se raccorder exactement les unes avec les autres.

La ligne pointillée au-dessous de la coupe marque le niveau de la mer.

Voici maintenant les détails de la coupe.

N° 1. *Alluvions*, formées par le Rhône. Le niveau des eaux à Chanaz se trouve à 227 mètres au-dessus de la mer ; près de Yenne, au confluent du Flon, il est à 212 m. ; ce qui le met à peu près à 221 m. au point d'où part la coupe. Au-dessus du Rhône s'élève une côte, également d'alluvion, formée d'éboulis de rochers et plantée de vignes. C'est dans ces vignes qu'on rencontre en abondance des fossiles de l'oolithe, espèces du bathonien et du bajocien mêlées.

N° 13. *Oolithe* en place, formant un escarpement, d'où proviennent les éboulis et les fossiles dont je viens de parler.

N° 12. *Callovien*, couche ferrugineuse en affleurement sur la croupe de l'escarpement, exploitée sur plusieurs points.

N° 11. *Oxfordien*, remplissant toute la combe où passe la route de Chanaz à Lucey, et formant en partie les pentes abruptes du Mont-du-Chat, du côté du Rhône.

N° 10. *Corallien*, commençant par une assise de dolomie, que quelques géologues attribuent encore à l'oxfordien. Viennent ensuite les calcaires blancs qui se trouvent jusque vers le sommet de la montagne, et qui un peu plus loin forment même exclusivement ce sommet et se montrent sur l'autre versant.

N° 9. *Calcaire roux*, désigné au Salève sous le nom de portlandien et au-dessus de la cascade de Coux sous celui de néocomien inférieur. Ce calcaire s'abaisse vers le sud et va passer sous le village de La Chapelle du Mont-du-Chat, se laissant dominer par le corallien oolithique, qui, en ce point, contient dans ses cavités du fer hydraté, appartenant à la formation sidérolithique.

N° 8. *Néocomien*, dans lequel est creusé le vallon d'Ontex. L'église de ce village se trouve à 716 m. d'élévation.

N° 7. *Urgonien*, servant de revêtement à la montagne du côté du lac.

N° 2. *Mollasse marine*, reposant immédiatement sur le calcaire urgonien, qui, au point de contact, est percé de trous de pholades, et formant le petit plateau sur lequel s'élève l'abbaye d'Hautecombe. Les couches plongent dans le lac du Bourget, dont le niveau est à 228 m., et se relèvent de l'autre côté en forme de mamelon, sur lequel est bâti Saint-Innocent, dont l'église se trouve à 274 m. d'élévation.

N° 7. *Urgonien*, réapparaît au-dessus de la mollasse et forme le revêtement ouest de la montagne de Saint-Innocent, contenant dans ses cavités et ses fissures du fer hydraté sidérolithique.

N° 8. *Néocomien*, se montrant vers le sommet de la montagne à travers une brisure de l'urgonien. Plus au nord, il se brise aussi et laisse voir la calcaire roux n° 9. En remontant toujours vers le Nord, on arrive à la gorge du Fier, dans laquelle on peut étudier une superbe voûte corallienne, formant l'axe de la montagne.

N° 7. *Urgonien*, formant le revêtement est de la montagne, suite de celui qui forme le revêtement du côté opposé, dont il ne s'est séparé que par suite de la rupture dont je viens de parler. Il se prolonge jusqu'au delà de la route de Chambéry à Genève. Sur ce point, sa surface, recouverte par les argiles glaciaires, s'est conservée parfaitement polie et striée. Je ne citerai pas ailleurs les dépôts diluviens, parce qu'ils sont superficiels et disséminés sur toute la longueur de la coupe jusqu'à une hauteur de 1,200 mètres dans cette partie, et de 1,300 après avoir passé une première fois l'Isère.

N° 3. *Mollasse d'eau douce*, reposant sur l'urgonien. Le mamelon sur lequel s'élève la tour de Grésy, à 340 m., appartient à cette formation.

N° 2. *Mollasse marine*, superposée à celle d'eau douce.

N° 11. *Oxfordien*, une faille et un fort soulèvement ont mis au jour les marnes oxfordiennes, qui delà se continuent autour des Bauges à la base du Mont-d'Azy sur Aix, du Nivolet sur Chambéry, de la montagne de la Thuile vers Montmélian, et des cimes qui dominent la vallée de l'Isère jusqu'après Montailleur, où la coupe les rencontrera de nouveau.

N° 8. *Néocomien*, reposant directement sur l'oxfordien ; le corallien n'existe déjà plus.

N° 7. *Urgonien*, formant, comme à peu près partout, revêtement sur la croupe de la montagne de Saint-François, au sommet de laquelle on commence à entrer dans les Bauges.

N° 4. *Nummulitique*, au bas de la montagne, après le hâmeau de Champ de la commune de Saint-François de Sales. Peu développé en ce point, mais du côté du Sud, en se dirigeant vers Plainpalais, 1,133 m., et les Déserts prend une grande extension. Du côté du Nord, au-dessus d'Arith, dont l'église

est à 713 m., on trouve des amas très-considérables d'un sable blanc, parfaitement pur, appartenant au sidérolithique.

N° 1. *Alluvions*, éboulis et terre végétale, ne permettent pas d'étudier cette partie de la coupe où doit se trouver une faille.

N° 8. *Néocomien*, formant la base de l'escarpement de la montagne de Margéria.

N° 7. *Urgonien*, sommet de Margéria. Le point culminant de la crête de cette montagne est à 1,801 m., mais le point où passe la coupe est moins élevé.

N° 6. *Gault*, première apparition.

N° 5. *Sénonien*, de même première apparition.

N° 4. *Nummulithique*, réapparition, après lequel on revoit :

N° 5. *Sénonien*,

N° 6. *Gault* et

N° 7. *Urgonien*. En ce point la coupe traverse la vallée d'Aillon, qui forme, comme on le voit, un fond de bateau. En remontant cette vallée, les divers terrains qui la composent peuvent s'étudier très-facilement Le sénonien y contient assez de fossiles, et le nummulithique s'y montre avec un calcaire à nummulites surmonté de son flysch.

N° 8. *Néocomien*, sous l'urgonien, formant le côté ouest de la combe de la Chartreuse d'Aillon, au centre de laquelle se trouve une faille.

N° 7. *Urgonien*, formant le côté est de la même combe.

N° 8. *Néocomien*, dominant la vallée du Cheran.

N° 1. *Alluvions*, partant d'École, dont l'Église est à 730 m., et formant le fond de la vallée où coule le Cheran jusqu'à Bellevaux.

N° 7. *Urgonien*, servant de revêtement à la montagne du Frêne, dont le point culminant est à 2,800 mètres, et au sommet de laquelle se terminent les Bauges, ainsi que la formation urgonienne.

N° 8. *Néocomien*, partie supérieure de l'escarpement qui regarde l'Isère. Dernier point où ce terrain se montre.

N° 11. *Oxfordien*, ayant une grande puissance, formant l'escarpement presque en entier, et descendant jusque vers les dépôts de l'Isère. C'est sur un mamelon de cet escarpement oxfordien qu'est assis le village de Montailleur, dont l'église se trouve à 421 m.

N° 1. *Alluvions*, formant la plaine de l'Isère. Le niveau de la rivière est en ce point 302 m.

N° 14. *Lias*. première apparition, formant le revêtement de la montagne au-dessus de Saint-Hélène de Millières.

N° 15. *Antraxifère*, sous le lias. En suivant cet affleurement, vers le sud, on trouve des schistes avec empreintes de fougères et de l'anthracite à Montgilbert. Beaucoup plus loin, vers le nord, l'anthracite est exploité à Éri sur Ugine.

N° 16. *Massif cristallin*, dont les faces schisteuses d'exfoliation présentent en partie la forme en éventail. Le centre du massif est occupé par un talschiste à larges cristaux blancs de feldspath, roche qui a

fourni de nombreux blocs et cailloux erratiques, et qui sert à délimiter l'ancien glacier de l'Isère et de l'Arve. Les points principaux de ce massif cristallin où passe la coupe sont le Mont-Bellachat, 2,480 m., et Fessons-sous-Briançon, 409 m.

N° 15. *Antraxifère*, en contact et en stratification discordante avec le cristallin, formé de grès.

N° 14. *Lias*, localité dite de Petit-Cœur, se trouvant entre le village de ce nom et celui de Naves. Schistes ardoisiers, avec Belemnites minimus et Ammonites bisulcatus.

N° 15. *Antraxifère*, couche d'anthracite et schistes à empreintes végétales, recouverts par des grès en tout semblables à ceux qui reposent sur le cristallin. Les deux séries de grès, les schistes ardoisiers à Belemnites, la couche d'anthracite et les schistes à empreintes végétales, sont tous en stratification très-régulière et parfaitement concordante.

N° 14. *Lias*, réapparaît au-dessus de la seconde assise de grès, et contient de nombreuses Belemnites, mais appartenant à des espèces différentes de celles du lias précédent. On peut en recueillir en nombre dans une carrière d'ardoise près de Naves. Ces couches se continuent jusqu'à la vallée de l'Isère au delà de Montgirod. C'est par erreur que la carte géologique de France place, un massif éruptif de serpentine au milieu de cette formation, sur la ligne que suit la coupe. Il n'en existe pas. Dans la vallée de l'Isère, un peu au nord du point où passe la coupe, se trouve Villette où l'on a exploité une brèche donnant un fort beau marbre et contenant des fossiles, bélemnites, nautiles ou ammonites, mais trop empâtées pour être déterminables.

N° 1. *Alluvion*, dépôts de l'Isère.

N° 15. *Anthraxifère*, schistes et grès renfermant plusieurs couches d'anthracite. Les mines de Macot se trouvent dans ce terrain, ce sont des couches anthraxifères, schistes ou grès imprégnées de sulfure de plomb argentifère.

N° 16. *Cristallin*, au delà des mines de Macot réapparaît le cristallin, qui forme un massif entre Macot, Peisey et le val Prémou.

.... Niveau de la mer.

1. Alluvions.
2. Mollasse marine.
3. Mollasse d'eau douce.
4. Nummulitique.
5. Sénonien.
6. Gault.
7. Urgonien.

8. Néocomien.
9. Kimméridgien ou corallien roux.
10. Corallien.
11. Oxfordien.
12. Callovien.
13. Oolithe.
14. Lias.
15. Anthraxifère.
16. Cristallin.

Les maisonnettes avec un drapeau indiquent les chefs-lieux de commune.
Les maisonnettes avec une croix les abbayes.
Les maisonnettes sans drapeaux ou croix les hameaux.

NOUVELLE MÉTHODE

POUR DÉTERMINER

LES ÉLÉMENTS DE L'ORBITE DES ASTRES

QUI CIRCULENT AUTOUR DU SOLEIL,

Par Elie Ritter,

DOCTEUR ÈS-SCIENCES.

Mémoire lu à la Section des Sciences Naturelles et Mathématiques de l'Institut National Genevois, le 26 Janvier 1855.

NOUVELLE MÉTHODE

POUR DÉTERMINER

LES ÉLÉMENTS DE L'ORBITE DES ASTRES

QUI CIRCULENT AUTOUR DU SOLEIL.

La méthode que nous développons dans ce mémoire, et que nous soumettons au jugement des astronomes est, quant à la marche générale de la solution, celle que l'illustre géomètre de Göttingen a exposée dans son remarquable ouvrage. Mais elle en diffère en ce qu'elle s'appuie sur de nouvelles intégrales des équations différentielles du mouvement de l'astre, et sur l'introduction dans le calcul d'anomalies nouvelles, analogues mais, au fond, tout à fait distinctes des anomalies de Kepler. Le mémoire est divisé en cinq sections. La première est consacrée à la recherche des intégrales dont nous venons de parler; la seconde contient le développement des fonctions trigonométriques auxquelles on fait appel dans la solution ; la troisième renferme l'exposé de la méthode par laquelle on détermine la valeur des trois rayons vecteurs et des arcs héliocrentiques compris ; la quatrième expose la marche à suivre pour en déduire les éléments de l'orbite ; enfin, la dernière contient une application de la méthode à un exemple particulier.

SECTION 1re.

Intégration des équations différentielles du mouvement d'un astre qui circule autour du Soleil.

1. Si nous désignons par x y z et r les coordonnés rectangulaires et le rayon vecteur de l'astre au bout du temps t, l'origine étant au centre du Soleil, et si nous représentons par μ la somme des masses de l'astre et du Soleil, nous aurons pour déterminer le mouvement de l'astre, les équations suivantes :

$$(1) \qquad \frac{d^2x}{dt^2} + \frac{\mu x}{r^3} = 0 \quad ; \quad \frac{d^2y}{dt^2} + \frac{\mu y}{r^3} = 0 \quad ; \quad \frac{d^2z}{dt^2} + \frac{\mu z}{r^3} = 0$$

Ce mouvement, tel qu'il est défini par ces équations, est, il est vrai, altéré par les perturbations exercées par les autres corps du système; mais ces altérations sont en général peu considérables; elles ne se développent qu'au bout d'un temps relativement long, et dans le problème qui doit faire le sujet de ce travail on est forcé d'en faire abstraction.

Les équations (1) conduisent, comme on le sait, à des intégrales complètes sous forme finie qui permettent de calculer toutes les circonstances du mouvement de l'astre, lorsqu'on connait la valeur des constantes introduites par l'intégration. Les intégrales complètes de ces équations sont au nombre de trois. On les présente ordinairement sous la forme suivante :

$$(2) \quad z - y.tg i + x.tg i.tg \Omega = 0; \quad r = \frac{a(1-e^2)}{1+e\cos(\lambda-\omega)}; \quad \sqrt{\frac{\mu}{a^3}}(t-l) = u - e.\sin u$$

auxquelles s'ajoute l'équation de définition :

$$r = a(1 - e\cos u)$$

qui conduit par l'élimination de r à la relation :

$$tg\,{}^1/_2\,v = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}}\,tg\,{}^1/_2\,u$$

Les variables de ces intégrales sont, outre les coordonnées déjà définies : *la longitude vraie* λ ou *l'anomalie vraie* $(\lambda-\omega)$, *l'anomalie moyenne* $\sqrt{\frac{\mu}{a^3}}(t-l)$, et *l'anomalie excentrique* u. Les constantes de l'intégration sont au nombre de six, savoir : *le* ${}^1/_2$ *grand axe* a, *l'excentricité* e, *la longitude du périhélie* ω, *l'inclinaison* i, *la longitude du nœud ascendant* Ω et l'époque du *passage au périhélie* l. Cette dernière est habituellement remplacée par la longitude moyenne à une époque choisie arbitrairement.

Ce système de variables et de constantes permet de déterminer facilement la position de l'astre à un instant quelconque ; mais il présente plusieurs inconvénients en regard du problème que nous voulons résoudre. Comme il embrasse le cours entier de l'astre dans un temps indéfini, il ne se prête pas à réaliser les facilités que présente la circonstance relativement avantageuse, que les observations qui servent de base au calcul ne s'étendent que sur une partie limitée de l'orbite totale. De plus, il est lié à la nature spéciale de l'orbite et n'est applicable qu'au cas où cette orbite est une ellipse. Lorsque l'excentricité atteint ou dépasse l'unité, c'est-à-dire lorsque l'orbite dégénère en parabole ou en hyperbole, l'anomalie moyenne et l'anomalie excentrique deviennent nulles ou imaginaires, et le système entier devient illusoire. Dans ces deux cas, il doit être et il est en effet remplacé par deux autres systèmes, qui n'ont aucune analogie ni avec lui, ni entre eux. Lorsque la découverte de l'astre est récente et qu'il n'est connu que par quelques observations, rien n'indique quelle est la nature réelle de son orbite, et l'astronome n'ayant sur cette nature que des données conjecturales, est forcé, dès le début du calcul, d'imprimer à ses recherches une direction qui ne peut être efficace et n'a d'issue que si le choix a été heureux.

Il nous semble que l'on peut obvier à ces deux inconvénients, tout en conservant à quelques égards l'algorithme ingénieux de Kepler, en présentant sous une autre forme les intégrales des équations (1). La méthode qui nous paraît réaliser cet avantage, et que nous nous proposons de développer dans ce travail, consiste à introduire dans ces intégrales une anomalie proportionnelle au temps, mais différant de l'anomalie moyenne par le coefficient de t.

2. Avant de développer ces nouvelles intégrales, nous rappellerons le calcul de la valeur du coefficient μ qui exprime la somme des masses de l'astre et du Soleil. Comme dans les équations (1) nous négligeons la masse de l'astre, nous devrons prendre pour μ celle du soleil seul. Le nombre μ dépendra du choix de l'unité de masse ; or, les équations (1) ont été établies en prenant pour unité de masse celle d'un corps qui, agissant sur un point placé à l'unité de distance durant un temps égal à l'unité, lui imprime une vitesse égale à l'unité. En prenant pour unité de temps le jour solaire moyen, et pour unité de distance le demi grand axe de l'orbite terrestre, on pourra tirer la valeur de μ

de la troisième des équations (2). En y faisant $a=1$, elle devient, en désignant par $\beta\mu$ la masse de la terre μ étant celle du Soleil :

$$\sqrt{1+\beta}\,\sqrt{\mu}\,(t-l) = u - e.\sin u$$

Si l'on y suppose l'angle u augmenté d'une circonférence, le temps t exprimé en jours solaires moyens sera augmenté d'une année sidérale, ou de $365^j,2563582 = \mathrm{T}$, et l'on aura :

$$\sqrt{1+\beta}\,\sqrt{\mu}\,(\mathrm{T}+t-l) = 2\pi + u - e\sin u,$$ et en retranchant :

$$\sqrt{\mu} = \frac{2\pi}{\mathrm{T}\sqrt{1+\beta}} \quad ;$$

en faisant $\beta = \frac{1}{354936}$, on trouve $lg\sqrt{\mu} = 8.2355814$

3. Nous représenterons par r le rayon vecteur de l'astre à l'époque $t=0$, et nous introduirons, pour remplacer le temps t, deux nouvelles variables, en posant :

$$(a) \quad \theta = t\sqrt{\mu} \qquad \nu = \frac{\theta}{\sqrt{\mathrm{r}^3}} \quad \text{d'où} \quad t = \sqrt{\frac{\mathrm{r}^3}{\mu}}.\nu$$

Ces équations de définition montrent que ν est une anomalie proportionnelle au temps et analogue à l'anomalie moyenne dont elle diffère en ce que le rayon vecteur à l'origine du temps y remplace le demi grand axe. Il est d'ailleurs évident que l'anomalie ν deviendrait l'anomalie moyenne, si à l'époque $t=0$ l'astre était à l'une des extrémités du petit axe de son orbite.

En portant dans les équations (1) la valeur de t, elles deviennent :

$$(3) \qquad \frac{d^2x}{d^2\nu} + \frac{\mathrm{r}^3}{r^3}\,x = 0\,; \quad \frac{d^2y}{d^2\nu} + \frac{\mathrm{r}^3}{r^3}\,y = 0\,; \quad \frac{d^2z}{d^2\nu} + \frac{\mathrm{r}^3}{r^3}\,z = 0.$$

Ces équations, traitées par les méthodes connues, donneront pour l'intégrale des aires :

$$(4) \qquad xdy - ydx = cd\nu\,; \quad zdx - xdz = c'd\nu\,; \quad ydz - zdx = c''d\nu.$$

Et pour l'intégrale des forces vives :

$$(5) \qquad \frac{dx^2+dy^2+dz^2}{d^2\nu} - 2\mathrm{r}^3\frac{1}{r} + c''' = 0.$$

En ajoutant les produits des équations (4) multipliées respectivement par z, $-y$ et x, on trouve :

$$(6) \qquad cz - c'y + c''x = 0.$$

Cette intégrale complète montre que l'astre décrit une orbite comprise dans un

plan qui passe par le centre du Soleil. En appelant i l'inclinaison de ce plan sur celui des xy et Ω l'angle compris entre l'axe des x et la ligne des nœuds dans la direction du nœud ascendant, on a :

$$tg i. \sin \Omega = \frac{c''}{c}; \quad tg i. \cos \Omega = -\frac{c'}{c}$$ et si l'on pose :

(7) $$q\mathrm{r}^2 = \sqrt{c^2 + c'^2 + c''^2}$$

on aura :

$$c = q\mathrm{r}^2 \cos i; \quad c' = -q\mathrm{r}^2 \cos \Omega. \sin i; \quad c'' = q\mathrm{r}^2 \sin \Omega. \sin i.$$

En ajoutant les carrés des équations (4) et en observant que $r^2 = x^2 + y^2 + z^2$, on obtient :

(8) $$r^2 \frac{dx^2 + dy^2 + dz^2}{d\nu^2} - \left(\frac{rdr}{d\nu}\right)^2 = q^2 \mathrm{r}^4.$$

D'un autre côté, en ajoutant les équations (3) multipliées respectivement par x, y et z, il vient :

(9) $$\frac{xd^2x + yd^2y + zd^2z}{d\nu^2} + \frac{\mathrm{r}^3}{r} = 0.$$

En ajoutant les équations (5) et (9), on obtient, en ayant égard à la valeur de r :

(10) $$\frac{d(rdr)}{d\nu^2} - \frac{\mathrm{r}^3}{r} + c''' = 0.$$

Enfin, si l'on multiplie cette dernière équation par $2rdr$ et qu'on intègre le produit, on a :

(11) $$\left(\frac{rdr}{d\nu}\right)^2 = 2\mathrm{r}^3 r - c''' r^2 - c^{\mathrm{iv}}.$$

Nous remplacerons dans les équations (5), (10) et (11) les constantes c''' et c^{iv} par des nouvelles arbitraires qui seront pour nous les constantes principales de l'orbite et qui nous serviront à déterminer le demi grand axe et l'excentricité. Dans ce but, nous nous représenterons par $\mathrm{r}^2\sigma$ et $\mathrm{r}^2\sigma'$ les valeurs de $\frac{rdr}{d\nu}$ et de $\frac{d(rdr)}{d\nu^2}$ pour l'époque $t = 0$; il en résultera par (10) et (11):

$$c''' = \mathrm{r}^2(1 - \sigma'); \quad c^{\mathrm{iv}} = r^4(1 + \sigma' - \sigma^2).$$

Nous donnons cette forme aux valeurs initiales des coefficients différentiels

$\frac{rdr}{d\nu}$ et $\frac{d(rdr)}{d\nu^2}$, afin que les nouvelles constantes σ et σ' soient des nombres abstraits.

En substituant ces valeurs dans les trois équations (5), (10) et (11), elles prennent la forme :

$$(5) \qquad \frac{dx^2+dy^2+dz^2}{d\nu^2} - 2\frac{\mathrm{r}^3}{r} + \mathrm{r}^2(1-\sigma') = 0$$

$$10) \qquad \frac{d(rdr)}{d\nu^2} = \frac{\mathrm{r}^3}{r} - \mathrm{r}^2(1-\sigma')$$

$$(11) \qquad \left\{\frac{rdr}{d\nu}\right\}^2 = 2\mathrm{r}^3 r - \mathrm{r}^2 r^2(1-\sigma') - \mathrm{r}^4(1+\sigma'-\sigma^2).$$

Si dans l'équation (8) nous faisons $t=0$ ou $r=\mathrm{r}$, il vient (en ayant égard à l'équation (5)) pour la valeur de la constante q :

$$(12) \qquad q^2 = (1+\sigma'-\sigma^2).$$

4. Les équations (5) et (11) du paragraphe précédent ne sont encore que du premier ordre, et elles doivent être intégrées de nouveau pour conduire à des résultats utiles. Mais comme les variables qu'elles renferment ne sont pas des fonctions simples les unes des autres, il faut en introduire de nouvelles.

Dans ce but, si nous désignons par dv l'angle compris entre deux rayons vecteurs infiniment voisins r et $r+dr$, nous aurons :

$$dx^2+dy^2+dz^2 = dr^2+r^2dv^2.$$

En substituant cette valeur dans l'équation (8), il vient :

$$(13) \qquad \frac{r^4dv^2}{d\nu^2} = q^2\mathrm{r}^4 \quad \text{ou} \quad dv = q\frac{\mathrm{r}^2}{r^2}\,d\nu.$$

Si dans cette dernière équation nous remplaçons $d\nu$ par sa valeur tirée de l'équation (11), nous obtenons :

$$(14) \qquad dv = \frac{qdr}{r\sqrt{\frac{2r}{\mathrm{r}} - (1-\sigma')\frac{r^2}{\mathrm{r}^2} - q^2}}$$

Pour intégrer cette équation, nous poserons $\frac{r}{\mathrm{r}} = \frac{q^2}{1+x}$ et en observant que $q^2 = 1+\sigma'-\sigma^2$ elle devient :

$$dv = \frac{-dx}{\sqrt{\{\sigma'^2+\sigma^2(1-\sigma')-x^2\}}}$$

dont l'intégrale est, en désignant par V, la constante :

$$V+v = \text{arc. cos}\frac{x}{\sqrt{\{\sigma'^2+\sigma^2(1-\sigma')\}}} \qquad \text{ou}$$

$$x = \sqrt{\{\sigma'^2+\sigma^2(1-\sigma')\}}\cos(V+v)$$

et en remplaçant x par sa valeur $q^2\frac{\mathrm{r}}{r}-1$.

$$(15) \qquad \frac{\mathrm{r}}{r} = \frac{1}{q^2}\{1+\sqrt{(\sigma'^2+\sigma^2(1-\sigma'))}\cos(V+v)\}$$

Nous déterminerons la constante V par la condition $v=0$ pour $r=\mathrm{r}$, afin de donner à l'anomalie v la même origine qu'à l'anomalie ν, il en résulte :

$$(15)' \cos V = \frac{\sigma'-\sigma^2}{\sqrt{\{\sigma'^2+\sigma^2(1-\sigma')\}}} \quad \text{d'où} \sin V = \frac{\sigma q}{\sqrt{\{\sigma'^2+\sigma^2(1-\sigma')\}}}\ ; \ tg\ V = \frac{\sigma q}{\sigma'-\sigma^2}$$

en substituant ces valeurs, l'équation précédente prend la forme :

$$(16) \qquad \frac{r}{\mathrm{r}} = \frac{1}{1-\frac{\sigma}{q}\sin v - \left(1-\frac{1}{q^2}\right)(1-\cos v)}$$

Cette équation fixe la nature de l'orbite ; on voit facilement en la discutant ou mieux encore par l'équation (15) dont elle est une transformation que la courbe décrite est une section conique. En effet, cette dernière équation peut s'écrire :

$$r = \frac{q^2\mathrm{r}}{1+\sqrt{\{\sigma'^2+\sigma^2(1-\sigma')\}}\cos(V+v)}$$

Sous cette forme identique à la seconde des équations (2) on voit que $q^2\mathrm{r}$ est le $\frac{1}{2}$ paramètre, $\sqrt{\{\sigma'^2+\sigma^2(1-\sigma')\}}$ l'excentricité, $\frac{\mathrm{r}}{1-\sigma'}$ le $\frac{1}{2}$ grand axe et $V+v$ l'anomalie vraie. Il en résulte que les trois constantes r, σ et σ' jointes à la date prise pour origine du temps, remplacent trois des constantes de la solution comprise dans les équations (2), savoir : a, e et l.

5. Il nous reste à trouver une relation entre le temps et l'une des variables v ou r. Pour l'obtenir, nous introduirons dans le calcul une nouvelle anomalie qui remplacera, dans notre analyse, l'anomalie excentrique.

Observons que les équations (3) § 2. font dépendre les coordonnées x, y, z et le rayon vecteur r qui en est une fonction, de la seule variable ν et de constantes. Nous pourrons donc représenter les intégrales complètes de ces équations sous la forme suivante :

$$
(17) \qquad \begin{aligned}
x &= \mathrm{x}\varphi + \frac{d\mathrm{x}}{d\nu}\psi \\
y &= \mathrm{y}\varphi + \frac{d\mathrm{y}}{d\nu}\psi \\
z &= \mathrm{z}\varphi + \frac{d\mathrm{z}}{d\nu}\psi
\end{aligned}
$$

x, y, z, $\frac{d\mathrm{x}}{d\nu}$, $\frac{d\mathrm{y}}{d\nu}$, $\frac{d\mathrm{z}}{d\nu}$ étant les valeurs de x, y et z et de leurs dérivées par rapport à ν pour la date $t = 0$; φ et ψ des fonctions encore inconnues de ν et de constantes, assujetties aux conditions :

$$
(17)' \qquad \varphi = 1 \;;\quad \psi = 0 \;;\quad \frac{d\varphi}{d\nu} = 0 \;;\quad \frac{d\psi}{d\nu} = 1, \quad \text{pour } \nu = 0.
$$

et devant, d'ailleurs, vérifier les équations :

$$
\frac{d^2\varphi}{d\nu^2} + \frac{\mathrm{r}^3}{r^3}.\varphi = 0 \quad ; \quad \frac{d^2\psi}{d\nu^2} + \frac{\mathrm{r}^3}{r^3}\psi = 0.
$$

Si nous ajoutons les carrés des équations (17) en simplifiant la somme au moyen des relations :

$$
x^2+y^2+z^2 = r^2 \quad ; \quad \mathrm{x}^2+\mathrm{y}^2+\mathrm{z}^2 = \mathrm{r}^2.
$$

$$
\frac{\mathrm{x}d\mathrm{x}+\mathrm{y}d\mathrm{y}+\mathrm{z}d\mathrm{z}}{d\nu} = \mathrm{r}^2\sigma \;;\quad \frac{d\mathrm{x}^2+d\mathrm{y}^2+d\mathrm{z}^2}{d\nu^2} = \mathrm{r}^2(1+\sigma')
$$

nous aurons :

$$
(18) \qquad \frac{r^2}{\mathrm{r}^2} = \varphi^2+\psi^2+2\varphi\psi\sigma+\psi^2\sigma'.
$$

D'un autre côté, si nous opérons la différentiation indiquée dans l'équation (10), nous aurons :

$$\frac{dr^2}{dv^2} + r\frac{d^2r}{dv^2} = \frac{\mathrm{r}^3}{r} - \mathrm{r}^2(1-\sigma')$$

Et si nous éliminons $\frac{dr^2}{dv^2}$ entre cette équation et l'équation (11) mise sous la forme :

$$\frac{dr^2}{dv^2} = 2\,\frac{\mathrm{r}^3}{r} - \mathrm{r}^2\,(1-\sigma') - q^2\frac{\mathrm{r}^4}{r^2}$$ nous aurons :

$$\frac{d^2r}{dv^2} + \frac{\mathrm{r}^3}{r^3}(r-q^2\mathrm{r}) = 0$$

Si maintenant nous faisons $r-q^2\mathrm{r} = w$, cette équation devient :

$$\frac{d^2w}{dv^2} + \frac{\mathrm{r}^3}{r^3}\,w = 0$$

Et comme elle est de la même forme que les équations (3), elle aura pour intégrale :

$$w = \mathrm{w}\varphi + \frac{d\mathrm{w}}{dv}\psi$$

et comme $w=r-q^2\mathrm{r}$, $\mathrm{w}=\mathrm{r}(1-q^2)$, $\frac{d\mathrm{w}}{dv} = \mathrm{r}\sigma$, cette intégrale s'écrira :

$$r-q^2\mathrm{r}=\mathrm{r}(1-q^2)\varphi+\mathrm{r}\sigma\psi$$ et en réduisant :

(19) $$\frac{r}{\mathrm{r}} = 1+\psi\sigma+(1-\varphi)\,(\sigma'-\sigma^2).$$

En éliminant $\frac{r}{\mathrm{r}}$ entre les équations (18) et (19), on obtient une équation qui divisée par $(1+\sigma'-\sigma^2)$ se réduit à

(20) $$\varphi^2 + \psi^2 = 1 + 2\psi\,(1-\varphi)\,\sigma + (1-\varphi)^2\,(\sigma'-\sigma^2).$$

On obtient ainsi une première relation finie entre les fonctions φ et ψ. Cette relation peut être mise sous la forme :

(20)' $$\varphi^2 + \left\{\psi-(1-\varphi)\sigma\right\}^2 = 1+(1-\varphi)^2\sigma'.$$

6. Pour obtenir la valeur individuelle de chacune de ces deux fonctions, nous introduirons une angle auxiliaire u, en posant :

$$1-\phi=\alpha(1-\cos u) \qquad \psi-(1-\phi)\sigma=\alpha\sin u$$

ou

$$\phi=1-\alpha(1-\cos u) \qquad \psi=\alpha\{\sin u+\sigma(1-\cos u)\}$$

En substituant ces valeurs dans l'une des équations (20) ou (20)', nous en déduisons :

$$\alpha=\frac{1}{1-{}^1/_2\,\sigma'(1-\cos u)} \qquad \text{d'où}$$

$$(21) \qquad \phi=1-\frac{1-\cos u}{1-{}^1/_2\,\sigma'(1-\cos u)} \qquad \psi=\frac{\sin u+\sigma(1-\cos u)}{1-{}^1/_2\,\sigma'(1-\cos u)}$$

Ces valeurs vérifient les équations (17)', si l'angle u est nul en même temps que que ν, et si $\frac{du}{d\nu}=1$ pour $\nu=0$.

En les reportant dans l'équation (19), elle devient :

$$(19)' \qquad \frac{r}{\text{r}}=1+\frac{\sigma\sin u+\sigma'(1-\cos u)}{1-{}^1/_2\,\sigma'(1-\cos u)}$$

Les deux variables ϕ et ψ étant ainsi ramenées à dépendre de la seule anomalie u, nous n'avons plus qu'à exprimer la valeur de ce dernier angle en fonction de ν. Dans ce but, considérons l'une des équations (4), § 3 :

$$xdy-ydx=cd\nu.$$

Si nous y remplaçons x et y par leurs valeurs en fonction de ϕ et de ψ, elle devient :

$$\left(\text{x}\phi+\frac{d\text{x}}{d\nu}\psi\right)\left(\text{y}\,d\phi+\frac{d\text{y}}{d\nu}d\psi\right)-\left(\text{y}\phi+\frac{d\text{y}}{d\nu}\psi\right)\left(\text{x}d\phi+\frac{d\text{x}}{d\nu}d\psi\right)=cd\nu$$

En effectuant les calculs et en réduisant par la relation :

$$\frac{\text{x}d\text{y}-\text{y}d\text{x}}{d\nu}=c \quad , \quad \text{on obtient :}$$

$$(22) \qquad \phi d\psi-\psi d\phi=d\nu.$$

Or, on tire des équations (21) :

$$\frac{\psi}{1-\phi}=\frac{\sin u}{1-\cos u}+\sigma \qquad \text{et en différentiant :}$$

$$\frac{(1-\varphi)\,d\psi+\psi d\varphi}{(1-\varphi)^2}=-\frac{du}{1-\cos u}$$

On a, d'ailleurs :

$$(1-\varphi)^2=\frac{(1-\cos u)^2}{\left\{1-{}^1/_2\,\sigma'\,(1-\cos u)\right\}^2}$$

et en multipliant membre à membre ces deux équations, il vient :

$$d\psi-\varphi d\psi+\psi d\varphi=-\frac{(1-\cos u)\,du}{\left\{1-{}^1/_2\,\sigma'\,(1-\cos u)\right\}^2}$$

Si nous ajoutons cette dernière équation à (22) et si dans la somme nous remplaçons $d\psi$ par sa valeur en u, nous obtenons :

$$(23)\qquad d\nu=du.\frac{\left\{1+\sigma\sin u+{}^1/_2\,\sigma'(1-\cos u)\right\}}{\left\{1-{}^1/_2\,\sigma'\,(1-\cos u)\right\}^2}$$

équation dont l'intégrale fournira la relation cherchée entre ν et u.

On peut obtenir, de cette équation, une intégrale d'une grande simplicité et d'un usage très-commode pour la détermination pratique de u, par la considération suivante :

Posons :

$$U=u+\frac{1-\cos u}{\sin u}\cdot\frac{\sigma\sin u+\sigma'\,(1-\cos u)}{1-{}^1/_2\,\sigma'\,(1-\cos u)}$$

on en déduit en différentiant :

$$dU=du\left\{\frac{1+\sigma\sin u+\sigma'\left(\frac{1-\cos u}{1+\cos u}\right)-{}^1/_4\,\sigma'^2\,\frac{(1-\cos u)^3}{1+\cos u}}{\left\{1-{}^1/_2\sigma'(1-\cos u)\right\}^2}\right\}$$

Si nous retranchons cette équation de l'équation (23), nous aurons :

$$d\nu-dU=-\frac{\sigma'}{2}\,\frac{(1-\cos u)^3}{1+\cos u}\cdot\frac{du}{1-{}^1/_2\,\sigma'\,(1-\cos u)}$$

d'où l'on tire en intégrant :

$$\nu-U=-\frac{\sigma'}{2}\int\frac{(1-\cos u)^3}{1+\cos u}\,\frac{du}{1-{}^1/_2\sigma'\,(1-\cos u)}$$

ou en représentant par $-V$ ce second membre :

$$\nu-U=-V.$$

Si nous remplaçons dans cette équation U par sa valeur qui peut en vertu de (19)' s'écrire :

$$U = u + \frac{1-\cos. u}{\sin u} \cdot \frac{r-\mathrm{r}}{\mathrm{r}}$$

nous aurons :

$$(24) \qquad v - u = \frac{1-\cos u}{\sin u} \cdot \frac{r-\mathrm{r}}{\mathrm{r}} - \mathrm{V}.$$

Cette dernière relation est une des plus importantes dans la méthode que nous développons ; elle remplace dans notre analyse la troisième des équations (2) et est destinée à donner l'anomalie u par l'anomalie v, c'est-à-dire à résoudre le problème de Képler. Elle renferme, il est vrai, une intégrale V qui n'est pas développée, mais nous verrons que dans la plupart des cas habituels, sa valeur est tout à fait insensible ; nous allons, d'ailleurs, chercher à l'évaluer pour les cas rares où l'on devra y avoir égard.

7. Nous reconnaîtrons dans le paragraphe suivant que l'angle u ne diffère de v, c'est-à-dire de l'amplitude héliocentrique de l'astre entre deux observations consécutives, que de quantités insensibles. Or, les observations astronomiques ont acquis une telle précision qu'une partie très-limitée de l'orbite est suffisante pour la déterminer complétement, en sorte que le problème de la recherche des éléments de cette orbite, lorsqu'elle est entièrement inconnue, se présente habituellement avec des données telles, que l'amplitude héliocentrique entre les observations consécutives, ne s'élève qu'à un petit nombre de degrés. Gauss a considéré comme un cas extrême de l'application de sa méthode, celui où cette amplitude atteignait 31° ou 32°. Nous pourrons donc admettre que nous comprendrons tous les cas possibles, si nous fixons 50° comme une limite au delà de laquelle l'angle u ne s'élèvera pas. Il nous suffira donc d'évaluer V jusqu'à cette limite.

L'équation à intégrer est :

$$(25) \qquad d.\mathrm{V} = \frac{\sigma'}{2} \frac{(1-\cos u)^2}{1+\cos u} \cdot \frac{du}{1-{}^1/_2\,\sigma'(1-\cos u)}$$

Posons : $1-\cos u = 2z$ d'où $1+\cos u = 2(1-z)$; $\sin u du = 2dz$,

nous aurons, en conservant la différentielle du pour ne pas introduire de radicaux :

$$dV = \sigma' \frac{z^2}{1-z} \cdot \frac{du}{1-\sigma' z} = \sigma' \frac{z^2\,du}{1-z} \left\{ 1 + \sigma' z + \sigma'^2 z^2 + \sigma'^3 z^3 + \ldots \right\}$$

et en intégrant :

$$V = \sigma' \int \frac{z^2\,du}{1-z} + \sigma'^2 \int \frac{z^3 du}{1-z} + \sigma'^3 \int \frac{z^3 du}{1-z} + \ldots\ldots + \sigma'^m \int \frac{z^{m+1} du}{1-z}$$

Pour obtenir la valeur de ces différents termes, nous poserons :

$$\int \frac{z^{m+1} du}{1-z} = \frac{1}{\sin u} \left\{ A z^{m+2} + B z^{m+3} + C z^{m+4} + \ldots\ldots \right\}$$

Si nous différentions les deux membres de cette équation, en remplaçant dans le second membre dz par sa valeur $\frac{1}{2} \sin u du$, et si nous supprimons le facteur commun du, nous aurons :

$$\frac{z^{m+1}}{1-z} = \tfrac{1}{2} \left\{ (m+2) A z^{m+1} + (m+3) B z^{m+2} + (m+4) C z^{m+3} + \ldots\ldots \right\}$$

$$- \frac{(1-2z)}{4z(1-z)} \left\{ A z^{m+2} + B z^{m+3} + C z^{m+4} + \ldots \right\}$$

En chassant les dénominateurs et en effectuant les calculs, on trouve :

$$4 = (2m+3)A + \begin{array}{l|} (2m+5)B \\ -2(m+1)A \end{array} z + \begin{array}{l|} (2m+7)C \\ -2(m+2)B \end{array} z^2 + \begin{array}{l|} (2m+9)D \\ -2(m+3)C \end{array} z^3 + \ldots$$

d'où l'on tire :

$$A = \frac{4}{2m+3} \;;\quad B = \frac{2(m+1)}{2m+5} A \;;\quad C = \frac{2(m+2)}{2m+7} B \;;\quad D = \frac{2(m+3)}{2m+9} C \text{ ; etc.}$$

d'où enfin :

$$\int \frac{z^{m+1} du}{1-z} = \frac{4 z^{m+2}}{(2m+3) \sin u} \left\{ 1 + \frac{2(m+1)}{2m+5} z + \frac{2(m+1).2(m+2)}{2m+5.8m+7} z^2 + \ldots\ldots \right\}$$

En remplaçant dans le second membre $\frac{2z}{\sin u}$ par sa valeur $tg\,\frac{1}{2}\,u$ et z par $\sin^2 \frac{1}{2}\,u$, on a :

$$\int\frac{z^{m+1}du}{1-z}=\frac{2.\sin^{2(m+1)1}/_2 u.\, tg^1/_2 u}{2m+3}\left\{1+\frac{2m+2}{2m+5}\sin^{2\,1}/_2 u+\frac{2m+2.2m+4}{2m+5.2m+7}\sin^{4\,1}/_2 u+..\right\}$$

ou en posant $B_m=\frac{2}{2m+3}\left\{1+\frac{2m+2}{2m+5}\sin^{2\,1}/_2 u+\frac{2m+2.2m+4}{2m+5.2m+7}\sin^{4\,1}/_2 u+\ldots\ldots\right\}$

$$\int\frac{z^{m+1}du}{1-z}=B_m\ \sin^{2\,(m+1)\,1}/_2 u\ tg\,^1/_2 u.$$

et par suite :

(27)′ $V=B_1\,\sigma'\sin^{4\,1}/_2 u\ tg\,^1/_2 u+B_2\,\sigma'^2\sin^{6\,1}/_2 u\ tg\,^1/_2 u+B_3\sigma'^3\sin^{8\,1}/_2 u\ tg\,^1/_2 u+\ldots\ldots$

Pour juger de la convergence de cette série et pour déterminer les cas où elle pourra être supprimée, je calcule sa valeur dans l'hypothèse de $\sigma'=1$ qui correspond à une excentricité $=1$, et j'obtiens le tableau suivant :

Valeurs de u.	*1er terme.*	*2d terme.*	*3me terme.*	*4me terme.*	*5me terme.*	*6me terme.*
5°	0″,013	0″.000	0″,000	0″,000		
10°	0, 418	0, 002	0, 000	0, 000		
15°	3, 184	0, 039	0, 001	0, 000		
20°	13, 460	0, 291	0. 007	0, 000		
25°	41, 250	1, 387	0, 051	0, 002	0″,000	
30°	103, 178	4, 970	0, 260	0, 014	0, 001	
35°	224, 403	14, 625	1, 035	0, 077	0. 006	0″.000
40°	440, 730	37, 263	3, 416	0, 329	0. 033	0. 004
45°	800, 982	85, 053	9, 782	1, 180	0. 147	0. 019
50°	1369, 722	178, 026	25, 029	3, 688	0. 561	0. 087

Ce tableau montre que, lorsque l'angle u ne dépasse pas 5°, au moins dans une orbite elliptique ou parabolique, le terme V est tout à fait insensible; lorsque l'angle u dépassera cette limite, on devra avoir égard à ce terme. Pour que le calcul ne soit pas trop onéreux, j'ai dressé une table des coefficients de l'équation (27)′, mais j'ai modifié la forme des termes, afin de diminuer l'étendue de la table. En la mettant sous la forme :

(27) $V=A_1\,\sigma'\sin^{3\,1}/_2 u\ tg^{2\,1}/_2 u+A_2\,\sigma'^2\sin^{5\,1}/_2 u\ tg^{2\,1}/_2 u+A_3\,\sigma'^3\sin^{7\,1}/_2 u\ tg^{2\,1}/_2 u$
$+A_4\sigma'^4\sin^{8\,1}/_2 u\ tg^{3\,1}/_2 u+A_5\sigma'^5\sin^{10\,1}/_2 u\ tg^{3\,1}/_2 u+A_6\,\sigma'^6\sin^{12\,1}/_2 u\ tg^{3\,1}/_2 u,$

la table suivante donnera la valeur des logarithmes des coefficients des trois premiers termes ; pour les termes suivants, l'on prendra pour tous les angles :

$\lg. A_4 = 4,5532$; $\lg. A_5 = 4.483$; $\lg. A_6 = 4,423$

Table des logarithmes des coefficients de l'équation (27).

u	log. A_1	log. A_2	log. A_3	u	log. A_1	log. A_2	log. A_3
0°	4.9165	4.770	4.661	29°	4.91837	4.77495	4.667
5°	4.9165	71	1	30°	8494	523	8
6°	4.9166	71	1	31°	4.9186212	4.77555	4.668
9°	4.9167	71	2	32°	87516	588	9
10°	4.91672	71	2	33°	88849	623	9
11°	677	71	2	34°	90209	658	9
12°	682	71	2	35°	91596	694	4.670
13°	688	71	2	36°	4.9193005	4.77731	4.6702
14°	694	71	3	37°	94439	769	11
15°	4.91701	4.772	4.663	38°	95894	808	16
16°	708	72	3	39°	97370	848	22
17°	716	72	3	40°	98864	888	28
18°	724	72	4	41°	4.9200375	4.77930	4.6734
19°	732	72	4	42°	01901	972	40
20°	4,917407	4.7725	4.664	43°	03440	4.78017	46
21°	7499	27	4	44°	04991	060	53
22°	7595	30	5	45°	06551	104	60
23°	7696	32	5	46°	4.9208119	4.78150	4.67663
24°	7798	35	5	47°	09693	196	733
25°	7905	38	6	48°	11269	243	804
26°	4.918016	4.7740	4.666	49°	12848	291	877
27°	8131	43	6	50°	14425	340	952
28°	8248	46	7				

J'ai borné chaque logarithme au nombre de décimales suffisant pour donner exactement les millièmes de secondes, et j'ai ajouté à chacun d'eux le logarithme du rayon en secondes 5,3144251, afin que le calcul donnât immédiatement la valeur de V sous sa forme applicable.

8. Il nous reste encore à trouver la relation entre les anomalies v et u. Nous avons obtenu § 4 et 6, équations (16) et (19)' :

$$\frac{r}{\mathrm{r}} = \frac{1}{1 - \frac{\sigma}{q}\sin v - \left(1 - \frac{1}{q^2}\right)(1-\cos v)} \quad ; \quad \frac{r}{\mathrm{r}} = 1 + \frac{\sigma \sin u + \sigma'(1-\cos u)}{1 - {}^1\!/_2\,\sigma'(1-\cos u)}$$

En égalant les valeurs $\frac{r}{\mathrm{r}} - 1$ tirées de ces deux équations, il vient :

$$\frac{\sigma \sin u + \sigma'(1-\cos u)}{1 - {}^1\!/_2\,\sigma'(1-\cos u)} = \frac{\frac{\sigma}{q}\sin v + \left(1 - \frac{1}{q^2}\right)(1-\cos v)}{1 - \frac{\sigma}{q}\sin v - \left(1 - \frac{1}{q^2}\right)(1-\cos v)}$$

Nous remplaçons, dans cette équation, les sinus et sinus verses, au moyen des relations :

$$\sin a = \frac{2tg\,{}^1/_2\,a}{1+tg^2\,{}^1/_2 a} \qquad 1-\cos a = \frac{2tg^2\,{}^1/_2\,a}{1+tg^2\,{}^1/_2\,a}$$

$$\frac{\sigma\, tg\,{}^1/_2\,u + \sigma'\, tg^2\,{}^1/_2\,u}{1+(1-\sigma')\,tg^2\,{}^1/_2\,u} = \frac{\frac{\sigma}{q}\,tg\,{}^1/_2\,v + \left(1+\frac{1}{q^2}\right)tg^2\,{}^1/_2\,v}{1+-2\frac{\sigma}{q}\,tg^2\,{}^1/_2\,v + \left(2-\frac{1}{q^2}\right)tg^2\,{}^1/_2\,v}$$

Si, dans cette relation, nous posons :

$$tg\,{}^1/_2\,v = \frac{q\,tg\,{}^1/_2\,u}{\sigma\,tg^2\,{}^1/_2\,u + x}$$

elle devient, en observant que $q^2 = 1+\sigma-\sigma'$:

$$\frac{\sigma\,tg\,{}^1/_2\,u + \sigma'\,tg^2\,{}^1/_2\,u}{1+(1-\sigma')\,tg^2\,{}^1/_2\,u} = \frac{\sigma x\,tg\,{}^1/_2\,u + \sigma'\,tg^2\,{}^1/_2\,u}{x^2+(1-\sigma')\,tg^2\,{}^1/_2\,u}$$

On conclut de là : $x = 1$. et par suite :

$$tg\,{}^1/_2\,v = \frac{q\,tg\,{}^1/_2\,u}{1+\sigma\,tg\,{}^1/_2\,u} \qquad \text{ou bien :}$$

(28) $$q\,cotg\,{}^1/_2\,v = cotg\,{}^1/_2\,u + \sigma.$$

9. Les équations (16), (19)′, (24) et (28) servent à résoudre le problème important de la détermination des constantes σ, σ', q, lorsqu'on connaît deux rayons vecteurs, l'angle compris entre eux et le temps écoulé entre les deux positions de l'astre. La connaissance de ces constantes (liées d'ailleurs par la relation $q^2 = 1+\sigma'-\sigma^2$) suffit pour déterminer les éléments principaux de l'orbite ; car en désignant le $^1/_2$ grand axe par a, l'angle de l'excentricité par ε et le $^1/_2$ paramètre par p ou a par le § 4.

$$a = \frac{\mathrm{r}}{1-\sigma'} \quad ; \quad \sin\varepsilon = \sqrt{\left\{\sigma'^2 + \sigma^2(1-\sigma')\right\}} \quad : \quad p = q^2\mathrm{r} = (1+\sigma'-\sigma^2)\,\mathrm{r}.$$

Nous verrons dans la troisième section dans quelles circonstances ce problème se présente dans la recherche qui nous occupe ; mais nous voulons dans ce paragraphe donner aux équations (16) et (19)′ une forme plus commode pour le but auquel elles sont destinées.

L'équation (16) peut se mettre sous la forme :

$$\frac{\sigma}{q}\sin v + \left(1 - \frac{1}{q^2}\right)(1 - \cos v) = 1 - \frac{\mathrm{r}}{r}$$

Or, si l'on pose :

$$tg\,(45 + \omega) = \frac{r}{\mathrm{r}} \quad \text{on en déduit :}$$

$$\frac{r - \mathrm{r}}{\mathrm{r} + r} = tg\omega \;:\; \frac{2\mathrm{r}}{\mathrm{r} + r} = 1 - tg\omega \;;\; \frac{r - \mathrm{r}}{\mathrm{r}} = \frac{2tg\omega}{1 - tg\omega} \;;\; \frac{2r}{r + \mathrm{r}} = 1 + tg\omega \;;\; \frac{r - \mathrm{r}}{r} = \frac{2tg\omega}{1 + tg\omega}$$

l'équation peut donc s'écrire :

$$(16) \qquad \frac{\sigma}{q}\sin v + \left(1 - \frac{1}{q^2}\right)(1 - \cos v) = \frac{2tg\omega}{1 + tg\omega}$$

L'équation (19)' peut se mettre sous la forme :

$$\frac{r - \mathrm{r}}{\mathrm{r}} = \frac{\sigma \sin u + \sigma' (1 - \cos u)}{1 - \frac{1}{2}\sigma'(1 - \cos u)}$$

En chassant les dénominateurs et en réduisant, elle devient :

$$\mathrm{r}\sigma \sin u + \frac{r + \mathrm{r}}{2}\,\sigma' (1 - \cos u) = r - \mathrm{r}$$

Si l'on divise les deux membres par $\frac{r + \mathrm{r}}{2}$, on obtient :

$$\frac{2\mathrm{r}}{r + \mathrm{r}}\,\sigma \sin u + \sigma' (1 - \cos u) = 2\,\frac{r - \mathrm{r}}{r + \mathrm{r}}$$

ou, d'après les relations précédentes :

$$(19)'. \qquad (1 - tg\omega)\,\sigma \sin u + \sigma' (1 - \cos u) = 2tg\omega$$

On peut aussi introduire l'angle ω dans l'équation (24) qui devient :

$$(24) \qquad v - u = 2tg\,\tfrac{1}{2}\,u\,\frac{tg\omega}{1 - tg\omega} - \mathrm{V}.$$

En récapitulant les équations qui lient entre elles les différentes anomalies, nous en formons le tableau suivant dans lequel nous leur donnons, pour plus de commodité, des numéros nouveaux.

(I) $$\theta = t\sqrt{\mu}$$

(II) $$\nu = \frac{\theta}{\sqrt{\mathrm{r}^3}}$$

(III) $$tg\,(45+\omega) = \frac{r}{\mathrm{r}}$$

(IV) $$(1-tg\omega)\,\sigma \sin u + \sigma'\,(1-\cos u) = 2tg\omega$$

(V) $$\frac{\sigma}{q}\sin v + \left(1-\frac{1}{q^2}\right)(1-\cos v) = \frac{2tg\omega}{1+tg\omega}$$

(VI) $$q\,cotg\,{}^1/_2\,v = cotg\,{}^1/_2\,u + \sigma$$

(VII) $$\nu - u = 2tg\,{}^1/_2\,u\,\frac{tg\omega}{1-tg\omega} - \mathrm{V}.$$

10. Nous devons encore nous proposer d'obtenir l'expression de l'aire décrite par le rayon vecteur dans le temps t. Cette aire est exprimée par l'intégrale ${}^1/_2\int r^2 dv$. Or, par l'équation (13) nous avons :

$${}^1/_2\,r^2\,dv = {}^1/_2\,q\mathrm{r}^2\,d\nu.$$

Et, si on la désigne par ${}^1/_2$ A, l'on aura :

$$\mathrm{A} = q\mathrm{r}^2\,\nu.$$

Lorsque l'arc héliocentrique a peu d'amplitude, on n'obtient pas, par cette équation, une valeur bien précise. En effet, si q n'est connu qu'approximativement, ce qui est le cas qui se présente dans cette recherche, l'erreur sur cette constante se reporte en entier sur l'aire. Mais le but que l'on se propose dans cette détermination est moins la valeur absolue de l'aire, que son rapport à la surface du triangle formé par les rayons vecteurs extrêmes et la corde qui en joint les extrémités. Ce rapport surpasse toujours l'unité, et dans le cas d'un arc héliocentrique d'une faible amplitude, son excès sur l'unité est très-petit, en sorte que l'on obtient une détermination plus précise en recherchant directement cet excès plutôt que le rapport lui-même.

Désignons, comme plus haut, par A le double de l'aire du secteur, appelons U le double de l'aire du triangle ou $rr.\sin v$, et X le double de l'aire du segment. On aura :

$$(31)\qquad A = U + X \qquad\qquad dA = dU + dX$$

Et en appelant η le rapport $\frac{A}{U}$, on aura pour son expression :

$$(32)\qquad \eta = 1 + \frac{X}{U}$$

La valeur précédente de A qu'il faudrait prendre, si l'arc héliocentrique n'est pas très-petit, donnerait pour ce rapport :

$$(\text{VIII})\qquad \eta = q\,\frac{\mathrm{r}}{r}\cdot\frac{\nu}{\sin v}$$

Pour obtenir une valeur de η déduite de (32), observons que, par l'équation (16), l'on a :

$$d\text{A} = \mathrm{r}^2\,dv = \mathrm{r}^2\,\frac{dv}{\left\{1 - \frac{\sigma}{q}\sin v - \left(1 - \frac{1}{q^2}\right)(1-\cos v)\right\}^2}$$

D'ailleurs :

$$\text{U} = rr.\sin v = \mathrm{r}^2\,\frac{\sin v}{\left\{1 - \frac{\sigma}{q}\sin v - \left(1 - \frac{1}{q^2}\right)(1-\cos v)\right\}}$$

d'où
$$d\text{U} = \mathrm{r}^2\,dv.\,\frac{1 - \frac{1}{q^2}(1-\cos v)\,dv}{\left\{1 - \frac{\sigma}{q}\sin v - \left(1 - \frac{1}{q^2}\right)(1-\cos v)\right\}^2}$$

En reportant ces valeurs dans l'expression de dX tirée de (31), on obtient :

$$d\text{X} = \frac{\mathrm{r}^2}{q^2}\,\frac{(1-\cos v)\,dv}{\left\{1 - \frac{\sigma}{q}\sin v - \left(1 - \frac{1}{q^2}\right)(1-\cos v)\right\}^2}$$

Pour intégrer cette équation, nous poserons :

$$\frac{1-\cos v}{\sin v}=\frac{y}{1+\frac{\sigma}{q}y} \qquad \text{d'où} \qquad \sin v=\frac{2y\left(1+\frac{\sigma}{q}y\right)}{\left(1+\frac{\sigma}{q}y\right)^{2}+y^{2}} \; ;$$

$$(1-\cos v)=\frac{2y^{2}}{\left(1+\frac{\sigma}{q}y\right)^{2}+y^{2}} \quad ; \quad dv=\frac{2dy}{\left(1+\frac{\sigma}{q}y^{2}\right)+y^{2}}$$

et nous aurons en réduisant :

$$dX=\frac{r^{2}}{q^{2}}\cdot\frac{4y^{2}dy}{\left\{1-\frac{1-\sigma'}{q^{2}}y^{2}\right\}^{2}}$$

L'intégrale de cette équation est :

$$X=\frac{2r^{2}q}{\sqrt{(1-\sigma')^{3}}}\,\text{arc}\,tg\,y\sqrt{\frac{1-\sigma'}{q^{2}}}-\frac{2r^{2}y}{(1-\sigma')\left\{1+\frac{1-\sigma'}{q^{2}}y^{2}\right\}}$$

Or, en introduisant y dans la valeur de U, on a :

$$U=\frac{2r^{2}y\left(1+\frac{\sigma}{q}y\right)}{1+\frac{1-\sigma'}{q^{2}}y^{2}}$$

En substituant ces valeurs de X et de U dans (32), on a :

$$\eta=1+\frac{1}{(1-\sigma')\left\{1+\frac{\sigma}{q}y\right\}}\left\{\left(1+\frac{1-\sigma'}{q'}y^{2}\right)\frac{\text{arc}\,tg\,y\sqrt{\frac{1-\sigma'}{q^{2}}}}{y\sqrt{\frac{1-\sigma'}{q^{2}}}}-1\right\}$$

En remplaçant l'arc par son développement donné par la formule connue :

$$\text{arc}\,tg\,t=t-\frac{t^{3}}{3}+\frac{t^{5}}{5}-\frac{t^{7}}{7}+\ \text{etc.}\ldots\ldots$$

nous avons en réduisant :

$$\eta = 1 + \frac{2y^2}{q^2\left\{1+\frac{\sigma}{q}y\right\}}\left\{\frac{1}{3} - \frac{1}{3.5}\frac{y^2(1-\sigma')}{q^2} + \frac{1}{5.7}\frac{y^4(1-\sigma')^2}{q^4} - \frac{1}{7.9}\frac{y^6(1-\sigma')^3}{q^6} + \text{etc.}\right\}$$

Si l'on se reporte, maintenant, à l'équation qui a introduit y dans le calcul, on trouve :

$$\frac{y}{1+\frac{\sigma}{q}y} = tg\,{}^1/_2\,v \quad , \quad \text{d'où} \quad y = \frac{1}{cotg\,{}^1/_2\,v - \frac{\sigma}{q}} = \frac{q}{q\,cotg\,{}^1/_2\,v - \sigma} = q\,tg\,{}^1/_2\,u$$

par l'équation (VI), donc :

$$\frac{2y^2}{q^2\left\{1+\frac{\sigma}{q}y\right\}} = \frac{2}{q}\,tg\,{}^1/_2\,v\,tg\,{}^1/_2\,u$$

donc enfin :

$$(33)\quad \eta = 1 + \frac{2}{q}tg\,{}^1/_2 v\,tg\,{}^1/_2 u\left\{\frac{1}{3} - \frac{(1-\sigma')}{3.5}tg^2\,{}^1/_2 u + \frac{(1-\sigma')^2}{5.7}tg^4\,{}^1/_2 u - \frac{(1-\sigma')^3}{7.9}tg^6\,{}^1/_2 u + .\right\}$$

Et l'on pourra réduire la série à son premier terme $^1/_3$ toutes les fois que l'angle u ne dépassera pas 6° ou 7°. Même les termes suivants deviendraient tout à fait insensibles pour toutes les valeurs de u, si l'orbite était à peu près parabolique, car alors on aurait $\sigma'=1$.

Nous avons ainsi atteint le but que nous nous proposions, puisque pour de grandes amplitudes nous pourrons calculer η par la formule (VIII), et pour de petites amplitudes par la formule simple :

$$(\text{VIII})_1 \qquad \eta = 1 + \frac{2}{3q}\,tg\,{}^1/_2\,v.tg\,{}^1/_2\,u.$$

Cette dernière formule sera d'autant plus exacte que l'angle u sera plus petit, et que l'orbite sera plus excentrique. Bien que la première cause soit plus puissante pour assurer la convergence de la série, il sera utile de trou-

ver une formule analogue à la formule (VIII)$_1$ qui puisse être employée avec plus de sécurité dans le cas d'une orbite presque circulaire, c'est-à-dire en supposant σ' très-petit. Cette recherche nous conduira, d'ailleurs, à une détermination dont nous aurons besoin plus tard.

11. Si dans la valeur de dX trouvée au § précédent, on remplace y par sa valeur $q\ tg\ {}^1/_2\, u = q \,.\, \frac{1-\cos u}{\sin u}$ elle devient :

$$dX = qr^2 \frac{(1-\cos u)\,du}{\left\{1-{}^1/_2\,\sigma'(1-\cos u)\right\}^2}$$

Si l'on suppose σ' très-petit, ainsi que l'angle u, le dénominateur de la valeur du dX variera très-peu, et l'intégrale pourra être prise en supposant ce dénominateur constant et égal à $1-{}^1/_2\,\sigma'(1-\cos u)$ qui est à peu près sa valeur moyenne. On pourra donc poser :

$$X = qr^2 \frac{u-\sin u}{1-{}^1/_2\,\sigma'(1-\cos u)} \tag{34}$$

Si pour juger de l'erreur commise, l'on pose :

$$\int \frac{(1-\cos u)\,du}{\left\{1-{}^1/_2\,\sigma'(1-\cos u)\right\}^2} = \frac{u-\sin u}{1-{}^1/_2\,\sigma'(1-\cos u)} + Y$$

et si l'on différentie les deux membres, on obtient en réduisant et en intégrant de nouveau :

$$Y = {}^1/_2\,\sigma' \int \frac{[2(1-\cos u)-u\sin u]\,du}{\left\{1-{}^1/_2\,\sigma'(1-\cos u)\right\}^2}$$

La partie principale de cette intégrale se réduit à ${}^1/_{120}\,\sigma' u^5$ qui, en supposant même $\sigma'=1$, n'ajouterait à η que la fraction insensible 0,0000004 pour $u = 5°$. On pourra donc, dans ces limites, adopter la valeur de X donnée par l'équation (34).

Observons maintenant que la valeur de U trouvée au § précédent :

$$U = \frac{2r^2 y\left(1+\frac{\sigma}{q}y\right)}{\left(1+\frac{1-\sigma'}{q^2}y^2\right)}$$

peut s'écrire :

$$U = \frac{2q^2 r^2 \sin^2 {}^1/_2\, u}{\{1 - {}^1/_2\,\sigma'(1-\cos u)\}\, tg\, {}^1/_2\, v}$$

en remplaçant y, par sa valeur $q\, tg\, {}^1/_2\, u$, et $1 + \frac{\sigma}{q}\, y$, par $\frac{q\, tg\, {}^1/_2\, u}{tg\, {}^1/_2\, v}$,

on aura donc :

$$\frac{X}{U} = \frac{tg\, {}^1/_2\, v\, (u - \sin u)}{2q.\, \sin^2 {}^1/_2\, u} \qquad \text{et} \qquad \eta = 1 + \frac{tg\, {}^1/_2\, v\, (u - \sin u)}{2q\, \sin^2 {}^1/_2\, u}.$$

On aurait pu parvenir à ce résultat en faisant $\sigma' = 0$ dans l'équation (33). Sous cette hypothèse, elle devient en effet :

$$\eta = 1 + \frac{2}{q}\, tg\, {}^1/_2\, u\; tg\, {}^1/_2\, v \left\{ \frac{1}{3} - \frac{1}{3.5}\, tg^2\, {}^1/_2\, u + \frac{1}{5.7}\, tg^4\, {}^1/_2\, u - \frac{1}{7.9}\, tg^6\, {}^1/_2\, u + \text{etc.....} \right\}$$

Or, pour un angle x moindre que 180°, l'on a :

$$\frac{x}{\sin x} = 1 + 2 tg^2\, {}^1/_2\, x \left\{ \frac{1}{3} - \frac{1}{3.5}\, tg^2\, {}^1/_2\, x + \frac{1}{5.7}\, tg^4\, {}^1/_2\, x - \frac{1}{7.9}\, tg^6\, {}^1/_2\, x + \text{etc...} \right\}$$

d'où :

$$\frac{1}{3} - \frac{1}{3.5}\, tg^2\, {}^1/_2\, x + \frac{1}{5.7}\, tg^4\, {}^1/_2\, x \ldots\ldots = \frac{x - \sin x}{2 \sin x\, tg^2\, {}^1/_2\, x} = \frac{x - \sin x}{4 \sin^2 {}^1/_2\, x\; tg\, {}^1/_2\, x}$$

et en remplaçant dans l'équation précédente la série par sa valeur tirée de cette dernière formule :

$$\eta = 1 + \frac{tg\, {}^1/_2\, v\, (u - \sin u)}{2q \sin^2 {}^1/_2\, u}$$

comme plus haut.

La quantité $u - \sin u$ qui figure dans cette formule, ne peut pas s'obtenir facilement au moyen des tables, lorsque l'angle u est très-petit ; elle se représentera, d'ailleurs, dans nos recherches, et il est utile d'avoir un moyen facile d'en obtenir la valeur. Or, tant que l'angle u ne dépasse pas 180°, si l'on pose :

(35) $$u - \sin u = B. \frac{\sin^3 {}^1/_2\, u}{\sqrt[5]{(\cos {}^1/_4\, u)^{12}}}$$

le coefficient B variera très-peu, car dans cette amplitude il sera toujours compris entre $^4/_3 = 1,333....$ qui correspond à $u = 0$ et $\frac{\pi}{\sqrt[5]{64}} = 1,3674.....$ qui correspond à $u = 180°$. J'ai dressé une table des valeurs du logarithme de B qui s'étend jusqu'à $B = 100°$.

L'on ne doit pas oublier que la valeur précédente de η ne convient que pour un angle de 5 ou 6 degrés au plus. Or, dans cette limite, la table montre que B reste égal à $^4/_3$, on a donc :

$$\text{(VIII)}_2 \qquad \eta = 1 + \frac{2tg\,^1/_2\,v \sin\,^1/_2\,u}{3q\sqrt[5]{(\cos\,^1/_4\,u)^{11}}}$$

La table qui donne la valeur du logarithme B (section IV), a pour argument $2g$ au lieu de u parce que, dans la formule à laquelle elle s'applique, l'arc considéré est représenté par $2g$. Cette table est disposée à l'égard de son argument $2g$ jusqu'à $2g = 20°$, de manière que le logarithme que l'on doit choisir, est placé en regard des deux arguments entre lesquels se trouve la valeur donnée de $2g$. Nous verrons dans la quatrième section l'usage de cette table.



SECTION II.

Relations entre les coordonnées géocentriques de l'astre et ses coordonnées héliocentriques.

12. La recherche des éléments de l'orbite d'un astre est un problème qui présente six inconnues, si, comme nous le supposons, on néglige la masse de cet astre. Il faut donc, pour le résoudre, connaître un pareil nombre de données dépendant des éléments, mais indépendantes entre elles. Or, l'observation ne peut donner que des positions géocentriques de l'astre, et comme chaque position ne fournit que deux données (la longitude et la latitude, si l'on prend l'écliptique comme plan principal, ou l'ascension droite et la déclinaison, si l'on choisit l'équateur), il faut connaître trois observations complètes de l'astre. Pour distinguer les données et les circonstances relatives à chaque observation, nous admettrons les conventions suivantes :

Nous prendrons pour origine du temps t l'époque de l'observation moyenne. Nous représenterons pour l'époque de cette observation par a la longitude (ou l'ascension droite) géocentrique, et par b la latitude (ou la déclinaison) géocentrique de l'astre, par α sa longitude héliocentrique, par β sa latitude héliocentrique, par x, y, z ses coordonnées orthogonales et par r son rayon vecteur (que nous avons jusqu'ici désigné par r); enfin, nous appellerons A et B les coordonnées angulaires de la terre, rapportées au même plan principal (écliptique ou équateur), et R son rayon vecteur.

Nous représenterons les mêmes éléments relatifs à la première observation par les mêmes lettres en les affectant de l'indice $^\circ$, et ceux qui sont relatifs à la troisième observation par les mêmes lettres affectées de l'indice $'$.

Nous désignerons par t° et t' les intervalles de temps en jours moyens entre la première observation et la seconde, et entre la seconde et la troisième.

Avec ces conventions, les équations des §§ 8, 9 et 10 pourront s'écrire :

$$\text{(I)}^\circ \qquad \theta^0 = t^0 \sqrt{\mu} \;; \qquad\qquad \text{(I)}' \qquad \theta' = t' \sqrt{\mu}$$

$$\text{(II)}^\circ \qquad \nu^0 = \frac{\theta^0}{\sqrt{r^3}} \;; \qquad\qquad \text{(II)}' \qquad \nu' = \frac{\theta'}{\sqrt{r^3}}$$

$$\text{(III)}^\circ \qquad tg\,(45 - \omega^0) = \frac{r^0}{r} \;; \qquad\qquad \text{(III)}' \qquad tg\,(45 + \omega') = \frac{r'}{r}$$

$$\text{(IV)}^\circ \quad (1 + tg\,\omega^0)\,\sigma \sin u^0 - \sigma'\,(1 - \cos u^0) = 2 tg\,\omega^0 ; \qquad \text{(IV)}' \quad (1 - tg\,\omega')\,\sigma \sin u' + \sigma'\,(1 - \cos u') = 2 tg\,\omega'$$

$$\text{(V)}^\circ \quad \frac{\sigma}{q} \sin v^0 - \left(1 - \frac{1}{q^2}\right)(1 - \cos v^0) = \frac{2 tg\,\omega^0}{1 - tg\,\omega^0} \;; \qquad \text{(V)}' \quad \frac{\sigma}{q} \sin v' + \left(1 - \frac{1}{q^2}\right)(1 - \cos v') = \frac{2 tg\,\omega'}{1 + tg\,\omega'}$$

$$\text{(VI)}^\circ \qquad q \cot g\,{}^1\!/_2\, v^0 = \cot g\,{}^1\!/_2\, u^0 - \sigma \;; \qquad\qquad \text{(VI)}' \qquad q \cot g\,{}^1\!/_2\, v' = \cot g\,{}^1\!/_2\, u' + \sigma$$

$$\text{(VII)}^\circ \quad v^0 - u^0 = -2 tg\,{}^1\!/_2\, u^0 \frac{tg\,\omega^0}{1 + tg\,\omega^0} + V^0 \;; \qquad \text{(VII)}' \quad v' - u' = 2 tg\,{}^1\!/_2\, u' \frac{tg\,\omega'}{1 - tg\,\omega'} - V'.$$

$$\text{(VIII)}^\circ \qquad \eta^0 = q \frac{r}{r^0} \frac{\nu^0}{\sin v^0} \;; \qquad\qquad \text{(VIII)}' \qquad \eta' = q \frac{r}{r'} \frac{\nu'}{\sin v'}$$

$$\text{(VIII)}^\circ{}_1 \qquad \eta^0 = 1 + \frac{2}{3q}\, tg\,{}^1\!/_2\, v^0\, tg\,{}^1\!/_2\, u^0 \;; \qquad\qquad \text{(VIII)}'{}_1 \qquad \eta' = 1 + \frac{2}{3q}\, tg\,{}^1\!/_2\, v'\, tg\,{}^1\!/_2\, u'$$

$$\text{(VIII)}^\circ{}_2 \qquad \eta^0 = 1 + \frac{2 tg\,{}^1\!/_2\, v^0 \sin {}^1\!/_2\, u^0}{3q \sqrt[5]{(\cos {}^1\!/_2\, u^0)^{12}}} \;; \qquad\qquad \text{(VIII)}'{}_2 \qquad \eta' = 1 + \frac{2 tg\,{}^1\!/_2\, v' \sin {}^1\!/_2\, u'}{3q \sqrt[5]{(\cos {}^1\!/_2\, u')^{12}}}$$

Nous avons affecté du signe — les anomalies u^0, ν^0, v^0 ω^0 relatives à la première observation, ainsi que les temps t^0 et θ^0.

13. Soit (fig. 1) S le centre du Soleil, C°, C, C' les trois positions absolues de l'astre dans l'espace, à l'époque de chacune des trois observations. Construisons le quadrilatère S C° C C'; les deux diagonales de ce quadrilatère, savoir : le rayon vecteur $SC = r$ et la corde C°C' se couperont au point E. Nous désignerons les rapports entre les parties de ces diagonales par les notations suivantes :

$$\frac{C^0E}{C^0C'} = m^0 \;; \quad \frac{C'E}{C^0C'} = m' \;; \quad \frac{CE}{CS} = e \;; \quad \frac{ES}{CS} = 1 - e$$

ou bien :

$$C^0E = m^0 . C^0C' \;; \quad C'E = m' . C^0C' \;; \quad CE = er \;; \quad ES = (1 - e) r \;; \quad \frac{CE}{ES} = \frac{e}{1 - e}$$

On aura, d'ailleurs, évidemment :

$$m^{\circ} + m' = 1. \qquad m^{\circ}C'E = m'C^{\circ}E.$$

On sait, par la géométrie élémentaire, que les mêmes rapports qui lient entre elles les parties des diagonales, ont lieu aussi entre les projections de ces parties sur chacun des trois axes coordonnés. Or, d'après nos notations, les coordonnées des points C°, C, C', E sont respectivement $x^{\circ}, y^{\circ}, z^{\circ}; x, y, z; x', y', z'; (1-e)x, (1-e)y, (1-e)z;$ les projections sur les trois axes seront donc :

Pour le segment $C^{\circ}E$	$(1-e)x-x^{\circ}$,	$(1-e)y-y^{\circ}$,	$(1-e)z-z^{\circ}$
Pour le segment $C'E$	$x'-(1-e)x$,	$y'-(1-e)y$,	$z'-(1-e)z$
Pour la corde entière $C^{\circ}C'$	$x'-x^{\circ}$,	$y'-y^{\circ}$,	$z'-z^{\circ}$

On aura donc, d'après les relations précédentes :

$$m^{\circ}\{x'-(1-e)\,x\} = m'\{(1-e)\,x - x^{\circ}\} \quad ;$$
$$m^{\circ}\{y'-(1-e)\,y\} = m'\{(1-e)\,y - y^{\circ}\} \quad ;$$
$$m^{\circ}\{z'-(1-e)\,z\} = m'\{(1-e)\,z - z^{\circ}\}$$

ou bien en réduisant et en observant que $m' + m^{\circ} = 1$:

$$(36). \qquad \begin{aligned} m^{\circ}x' + m'x^{\circ} - (1-e)\,x &= 0 \\ m^{\circ}y' + m'y^{\circ} - (1-e)\,y &= 0 \\ m^{\circ}z' + m'z^{\circ} - (1-e)\,z &= 0. \end{aligned}$$

Si, pour transformer ces équations, nous désignons par ρ°, ρ, ρ' les trois distances de l'astre à la terre, nous aurons :

$$(37) \qquad \begin{aligned} x &= \rho \cos b \cos a + R \cos B \cos A \\ y &= \rho \cos b \cos a + R \cos B \sin A \\ z &= \rho \sin b + R \sin B. \end{aligned}$$

et deux systèmes analogues pour les deux autres positions de l'astre. En substituant ces valeurs dans les équations (36), elles prennent la forme suivante :

(38)

$$m^{\circ}\rho' \cos b' \cos a' + m'\rho^{\circ} \cos b^{\circ} \cos a^{\circ} - (1-e)\rho \cos b \cos a + m^{\circ} R' \cos B' \cos A' + m' R^{\circ} \cos B^{\circ} \cos A^{\circ} - (1-e) R \cos B \cos A = 0$$

$$m^{\circ}\rho' \cos b' \sin a' + m'\rho^{\circ} \cos b^{\circ} \sin a^{\circ} - (1-e)\rho \cos b \sin a + m^{\circ} R' \cos B' \sin A' + m' R^{\circ} \cos B^{\circ} \sin A^{\circ} - (1-e) R \cos B \sin A = 0$$

$$m^{\circ}\rho' \sin b' + m'\rho^{\circ} \sin b^{\circ} - (1-e)\,\rho \sin b + m^{\circ} R' \sin B' + m' R^{\circ} \sin B^{\circ} - (1-e)\,R \sin B = 0.$$

Ces trois équations sont celles dont on tire la solution du problème. Elles renferment encore six inconnues, savoir : ρ°, ρ, ρ', m°, m', e, qui se réduisent à cinq par la relation $m^\circ + m' = 1$. Nous chercherons d'abord à exprimer la valeur des trois premières en fonctions explicites des trois autres, et pour faciliter le travail un peu pénible de l'élimination, nous introduirons une notation qui simplifiera le calcul.

14. Soient M, N, P (fig. 2) trois lieux sur la surface de la sphère céleste; appelons α et β, α' et β', α'' et β'' leurs coordonnées angulaires respectives, c'est-à-dire leur ascension droite et leur déclinaison, ou leur longitude et leur latitude suivant le plan principal auquel on les rapporte. Construisons le triangle sphérique MNP, supposons le point N placé au-dessous du côté MP et joignons ce point au pôle O du cercle principal. L'angle MNP est égal à la somme des deux angles MNO+ONP, or, dans les triangles NOM, NOP, l'on a :

$$cotg\ \mathrm{ONM} = \frac{tg\beta .\cos\beta'}{\sin(\alpha'-\alpha)} - \sin\beta'\ cotg\,(\alpha'-\alpha) \quad .$$

$$cotg\ \mathrm{ONP} = \frac{tg\beta''\cos\beta'}{\sin(\alpha''-\alpha')} - \sin\beta'\ cotg\,(\alpha''-\alpha')$$

de plus :

$$cotg\ \mathrm{ONM} + cotg\ \mathrm{ONP} = \frac{\sin \mathrm{MNP}}{\sin \mathrm{ONM}.\sin \mathrm{ONP}}$$

mais, $\sin \mathrm{ONM} = \dfrac{\cos\beta\sin(\alpha'-\alpha)}{\sin \mathrm{MN}}$, $\sin \mathrm{ONP} = \dfrac{\cos\beta''\sin(\alpha''-\alpha')}{\sin \mathrm{NP}}$

En substituant, on obtient :

$$\frac{tg\beta\cos\beta'}{\sin(\alpha'-\alpha)} + \frac{tg\beta''\cos\beta'}{\sin(\alpha''-\alpha')} - \sin\beta'\ cotg\,(\alpha'-\alpha) - \sin\beta'\ cotg\,(\alpha''-\alpha') = \frac{\sin \mathrm{MNP}.\sin \mathrm{MN}.\sin \mathrm{NP}.}{\cos\beta\cos\beta''\sin(\alpha'-\alpha)\sin(\alpha''-\alpha')}$$

ou, en chassant les dénominateurs :

$$\cos\beta\cos\beta'\cos\beta''\left\{tg\beta\sin(\alpha''-\alpha') + tg\beta'\sin(\alpha-\alpha'') + tg\beta''\sin(\alpha'-\alpha)\right\} = \sin \mathrm{MNP}.\sin \mathrm{MN}.\sin \mathrm{NP}.$$

Si l'on suppose le rayon de la sphère égal à l'unité, et si l'on imagine une pyramide triangulaire dont les quatre sommets soient le centre de la sphère et les trois points M, N et P, on reconnaît que le second membre de cette équation exprime six fois la solidité de cette pyramide. En effet, si l'on prend pour base le triangle MNC, C étant le centre de la sphère, sin MN sera le double de la surface de cette base, et sin NP sin NMP exprimera la hauteur de la pyramide.

Convenons de représenter cette expression par (MNP), en sorte que :

$$(39)\quad (MNP)=\cos\beta\cos\beta'\cos\beta''\{tg\beta\sin(\alpha''-\alpha')+tg\beta'\sin(\alpha-\alpha'')+tg\beta''\sin(\alpha'-\alpha)\}$$

On voit facilement que cette fonction conserve la même valeur et le même signe, lorsqu'en permutant les sommets M, N, P on conserve leur ordre de succession, et qu'elle change de signe en conservant sa valeur absolue, lorsqu'on intervertit cet ordre, de sorte que l'on a :

$$(MNP)=(NPM)=(PMN)=-(PNM)=-(NMP)=-(MPN).$$

Ces relations deviennent évidentes en développant chacune des expressions au moyen de l'équation (39). On voit de plus que la fonction se réduit à 0, si deux des trois lieux coïncident, ou plus généralement si les trois lieux MNP sont sur le même grand cercle, car alors l'on a sin MNP = 0.

15. Cela posé, multiplions les trois équations (38) respectivement par :

$$\sin\beta'\cos\beta\sin\alpha-\sin\beta\cos\beta'\sin\alpha'\ ;\ \sin\beta\cos\beta'\cos\alpha'-\sin\beta'\cos\beta\cos\alpha;$$
$$\cos\beta\cos\beta'\sin(\alpha'-\alpha)$$

et ajoutons les trois résultats ; nous aurons, en désignant par C^o, C, C' les trois lieux géocentriques de l'astre et par T^o, T, T' les trois lieux héliocentriques de la terre (fig. 3) :

$$(40)\quad m^o\rho'(MNC')+m'\rho^o(MNC^o)-(1-e)\rho(MNC)+m^o R'(MNT')+m'R^o(MNT^o)-(1-e)R(MNT)=0$$

Les lieux MN étant arbitraires, nous en disposerons pour faire disparaître quelques-uns des termes de cette équation. En faisant successivement :

$$1^\circ \quad M = C^\circ \quad , \quad N = C' \quad ;$$
$$2^\circ \quad M = C^\circ \quad , \quad N = T \quad ;$$
$$3^\circ \quad M = T \quad , \quad N = C' \quad ;$$

nous aurons les trois résultats suivants :

$$(1-e)\rho\,(C^\circ CC') + m^\circ R'(C^\circ C'T') + m' R^\circ (C^\circ C'T^\circ) - (1-e) R\,(C^\circ C'T) = 0$$
$$m^\circ \rho' (TC'C^\circ) - (1-e)\rho\,(C^\circ TC) + m^\circ R' (C^\circ TT') + m' R^\circ (C^\circ TT^\circ) = 0$$
$$m' \rho^\circ (TC'C^\circ) - (1-e)\rho\,(TC'C) + m^\circ R' (TC'T') + m' R^\circ (TC'T^\circ) = 0$$

Equations qu'on peut écrire :

$$(41) \qquad \begin{aligned} (1-e)\rho &= m^\circ D + m'E - (1-e) F \\ m^\circ \rho' &= (1-e)\rho .\, G' - m^\circ H' + m'K' \\ m'\rho^\circ &= (1-e)\rho\, G^\circ + m^\circ H^\circ - m'K^\circ \end{aligned}$$

en posant

$$D = \frac{R'(C^\circ T'C')}{(C^\circ CC')} \quad ; \quad E = \frac{R^\circ (C^\circ T^\circ C')}{(C^\circ CC')} \quad ; \quad F = \frac{R(C^\circ TC')}{(C^\circ CC')}$$

$$(42) \quad G' = \frac{(C^\circ TC)}{(C^\circ TC')} \quad ; \quad H' = R' \frac{(C^\circ TT')}{(C^\circ TC')} \quad ; \quad K' = R^\circ \frac{(C^\circ T^\circ T)}{(C^\circ TC')}$$
$$G^\circ = \frac{(CTC')}{(C^\circ TC')} \quad ; \quad H^\circ = R' \frac{(C'TT')}{(C^\circ TC')} \quad ; \quad K^\circ = R^\circ \frac{(C'T^\circ T)}{C^\circ TC'}$$

16. Le calcul de ces neuf coefficients semble exiger la détermination préalable des dix fonctions suivantes dont nous écrivons le développement :

$$(43) \quad \begin{aligned}
(C^\circ CC') &= \cos b^\circ \cos b \cos b' \{ tg\, b' \sin(a-a^\circ) + tg\, b^\circ \sin(a'-a) - tg\, b \sin(a'-a^\circ) \} \\
(C^\circ T^\circ C') &= \cos b^\circ \cos B^\circ \cos b' \{ tg\, b' \sin(A^\circ - a^\circ) - tg\, b^\circ \sin(A^\circ - a') - tg B^\circ \sin(a' - a^\circ) \} \\
(C^\circ TC') &= \cos b^\circ \cos B \cos b' \{ tg\, b' \sin(A - a^\circ) - tg\, b^\circ \sin(A - a') - tg B \sin(a' - a^\circ) \} \\
(C^\circ T'C') &= \cos b^\circ \cos B' \cos b' \{ tg\, b' \sin(A' - a^\circ) - tg\, b^\circ \sin(A' - a') - tg B' \sin(a' - a^\circ) \} \\
(C^\circ TC) &= \cos b^\circ \cos B \cos b \{ tg\, b \sin(A - a^\circ) - tg\, b^\circ \sin(A - a) - tg B \sin(a - a^\circ) \} \\
(CTC') &= \cos b \cos B \cos b' \{ tg\, b' \sin(A - a) - tg\, b \sin(A - a') - tg B \sin(a' - a) \} \\
(C^\circ TT') &= \cos b^\circ \cos B \cos B' \{ tg\, b^\circ \sin(A' - A) - tg B \sin(A' - a^\circ) + tg B' \sin(A - a^\circ) \} \\
(C'TT') &= \cos b' \cos B \cos B' \{ tg\, b' \sin(A' - A) - tg B \sin(A' - a') + tg B' \sin(A - a') \} \\
(C^\circ T^\circ T) &= \cos b^\circ \cos B^\circ \cos B \{ tg\, b^\circ \sin(A - A^\circ) - tg B^\circ \sin(A - a^\circ) + tg B \sin(A^\circ - a^\circ) \} \\
(C'T^\circ T) &= \cos b' \cos B^\circ \cos B \{ tg\, b' \sin(A - A^\circ) - tg B^\circ \sin(A - a') + tg B \sin(A^\circ - a') \}
\end{aligned}$$

Ce calcul serait dans tous les cas assez onéreux. Il est vrai qu'en prenant pour plan principal l'écliptique, comme on le fait habituellement, et en négligeant la latitude de la terre toujours insensible, ou mieux en disposant le calcul de manière à la rendre nulle, en prenant pour lieu de la terre le point où le rayon visuel dirigé à l'astre perce l'écliptique (ce qui offre l'avantage de tenir compte de la parallaxe de l'astre dès le début du calcul), on simplifie beaucoup ces formules, par la suppression des deux derniers termes dans les quatre dernières équations, et du dernier dans les cinq précédentes. Mais, dans la plupart des cas, ces formules présentent un inconvénient plus grave. En effet, d'après leur forme, elles donnent des quantités relativement faibles par la différence entre des quantités beaucoup plus grandes. La première, par exemple, donne une quantité qui (en regard de l'arc parcouru entre deux observations) est du troisième ordre, par la différence entre des quantités du premier ordre, les cinq suivantes donnent des quantités du premier ordre par la différence entre des grandeurs de l'ordre 0.

Or, les équations (41) ne peuvent donner des résultats utiles que si leurs coefficients sont calculés avec beaucoup de rigueur. Nous devons donc chercher à modifier nos expressions pour éviter l'emploi peu précis des formules précédentes.

17. Nous admettrons, dans ce but, que le plan principal est l'écliptique, et nous ferons, par conséquent : $B^0 = B = B' = 0$. Nous déterminerons d'abord la longitude du point N où l'écliptique est rencontrée par le prolongement de l'arc C^0C' (fig. 3) qui passe par les lieux extrêmes de l'astre. Nous appellerons N cette longitude. Pour la déterminer, nous aurons à résoudre l'équation :

$$(44) \qquad tg\, b' \sin (a^0 - N) = tg\, b^0 \sin (a' - N) ;$$

ou bien :

$$tg \left\{ \frac{a' + a^0}{2} - N \right\} = tg\, {}^1/_2\, (a' - a^0) \frac{\sin (b' + b^0)}{\sin (b' - b^0)}$$

Où l'on pourra toujours supposer $\left\{ \frac{a' + a^0}{2} - N \right\}$ compris entre $+ 90^0$ et $- 90^0$, et l'on vérifiera le calcul en remplaçant N par sa valeur dans la première de ces deux équations.

Si nous faisons ensuite :

$$P = \frac{\cos b' \cos b^o}{\sin (a-N)} \left\{ tg\, b' \sin (a-a^o) + tg\, b^o \sin (a'-a) \right\}$$

$$Q = \cos b \left\{ \frac{P \sin (a-N)}{\sin (a'-a^o) \cos b' \cos b^o} - tg\, b \right\}$$

et si nous éliminons successivement b' et b^o entre la première de ces équations et l'équation (44), nous trouverons, en simplifiant les résultats par la relation connue :

$$\sin A \sin B + \sin (A+C) \sin (C-B) = \sin (A-B+C) \sin C$$

$$P = \frac{tg\, b' \sin (a'-a^o) \cos b' \cos b^o}{\sin (a'-N)} = \frac{tg\, b^o \sin (a'-a^o) \cos b' \cos b^o}{\sin (a^o-N)}$$

Si maintenant nous substituons dans les quatre premières équations (43) à $tg\, b^o$, $tg\, b$ et $tg\, b'$ les valeurs suivantes déduites des définitions qui précèdent :

$$tg\, b^o = \frac{P \sin (a^o-N)}{\sin (a'-a^o) \cos b' \cos b^o} \quad ;$$

$$tg\, b = \frac{P \sin (a-N)}{\sin(a'-a^o) \cos b' \cos b^o} - \frac{Q}{\cos b} \quad ;$$

$$tg\, b' = \frac{P \sin (a'-N)}{\sin (a'-a^o) \cos b' \cos b^o}$$

en réduisant les résultats au moyen de la relation trigonométrique rappelée plus haut, nous trouvons :

$$(C^oCC') = Q \cos b^o \cos b' \sin (a'-a^o)$$

$$(C^oT^oC') = P \sin (A^o-N)$$

$$(C^oTC') = P \sin (A-N)$$

$$(C^oT'C') = P \sin (A'-N)$$

En reportant ces valeurs dans les premières équations (42) et en remplaçant P par l'une ou l'autre de ses valeurs, on a :

$$D = tg\, b' \frac{R' \sin (A'-N)}{Q \sin (a'-N)} = tg\, b^{\circ} \frac{R' \sin (A'-N)}{Q \sin (a^{\circ}-N)}$$

$$(45) \qquad E = tg\, b' \frac{R^{\circ} \sin (A^{\circ}-N)}{Q \sin (a'-N)} = tg\, b^{\circ} \frac{R^{\circ} \sin (A^{\circ}-N)}{Q \sin (a^{\circ}-N)}$$

$$F = tg\, b' \frac{R \sin (A-N)}{Q \sin (a'-N)} = tg\, b^{\circ} \frac{R \sin (A-N)}{Q \sin (a^{\circ}-N)}\,.$$

Ces formules nous donneront les valeurs des coefficients les plus importants avec une grande exactitude, dès que Q sera connu. Or, en reprenant l'équation qui définit cette quantité et en y remplaçant P par sa valeur, on trouve :

$$(46) \quad Q \sin (a'-a^{\circ}) = \cos b \left\{ tg\, b' \sin (a-a^{\circ}) + tg\, b^{\circ} \sin (a'-a) - tg\, b \sin (a'-a^{\circ}) \right\}$$

Et si l'on observe que l'on a :

$$tg\, b' (a-a^{\circ}) + tg\, b^{\circ} \sin (a'-a) - tg\, b \sin (a'-a^{\circ}) = (tg\, b' - tg\, b) \sin (a-a^{\circ})$$

$$-(tg\, b - tg\, b^{\circ}) \sin (a'-a) + tg\, b \left\{ \sin (a-a^{\circ}) + \sin (a'-a) - \sin (a'-a^{\circ}) \right\}$$

$$= \frac{\sin (b'-b) \sin (a-a^{\circ})}{\cos b' \cos b} - \frac{\sin (b-b^{\circ}) \sin (a'-a)}{\cos b \cos b^{\circ}}$$

$$+ 4 tg\, b \sin {}^1/_2 (a'-a^{\circ}) \sin {}^1/_2 (a'-a) \sin {}^1/_2 (a-a^{\circ}) \quad ,$$

on pourra écrire :

$$(46)' \quad Q = \frac{1}{\sin (a'-a^{\circ})} \left\{ \frac{\sin (b'-b) \sin (a-a^{\circ})}{\cos b'} - \frac{\sin (b-b^{\circ}) \sin (a'-a)}{\cos b^{\circ}} \right.$$

$$\left. + 4 \sin b \sin {}^1/_2 (a'-a^{\circ}) \sin {}^1/_2 (a'-a) \sin {}^1/_2 (a-a^{\circ}) \right\}$$

Cette expression donnera la valeur de Q avec une grande rigueur dans les cas les plus habituels, mais l'importance de ce coefficient rend utile son calcul au moins par deux équations différentes, afin d'obtenir un contrôle. On pourra, dans ce but, remplacer dans l'équation de définition de cette quantité P par sa valeur en fonction de N, on trouvera ainsi :

(46)''
$$Q = \cos b \left\{ \frac{tg\, b' \sin(a-N) - tg\, b \sin(a'-N)}{\sin(a'-N)} \right\}$$

$$= \cos b \left\{ \frac{tg\, b^{\circ} \sin(a-N) - tg\, b \sin(a^{\circ}-N)}{\sin(a^{\circ}-N)} \right\}$$

On pourrait aussi calculer ce coefficient par l'équation (46) qui peut souvent donner un résultat très-précis, lorsque la trajectoire géocentrique est très-irrégulière.

18. Quant aux deux coefficients G' et G°, si l'on pose :

$$\frac{tg\, b \sin(A-a^{\circ}) - tg\, b^{\circ} \sin(A-a)}{tg\, b' \sin(A-a^{\circ}) - tg\, b^{\circ} \sin(A-a')} = \frac{\sin(a-a^{\circ})}{\sin(a'-a^{\circ})} + X;$$

$$\frac{tg\, b' \sin(A-a) - tg\, b \sin(A-a')}{tg\, b' \sin(A-a^{\circ}) - tg\, b^{\circ} \sin(A-a')} = \frac{\sin(a'-a)}{\sin(a'-a^{\circ})} + Y.$$

On trouvera, en résolvant ces équations et en réduisant les résultats au moyen de la relation trigonométrique rappelée dans le dernier § :

$$X = -\frac{\sin(A-a^{\circ})\,(C^{\circ}CC')}{\cos b.\, \sin(a'-a^{\circ})\,(C^{\circ}TC')} = -\frac{R \sin(A-a^{\circ})}{F \cos b \sin(a'-a^{\circ})}$$

$$Y = +\frac{\sin(A-a')\,(C^{\circ}CC')}{\cos b \sin(a'-a^{\circ})\,(C^{\circ}TC')} = +\frac{R \sin(A-a')}{F \cos b \sin(a'-a^{\circ})}$$

Par conséquent :

(47)
$$G' = \frac{\cos b}{\cos b'}\,\frac{\sin(a-a^{\circ})}{\sin(a'-a^{\circ})} - \frac{R}{F}\cdot\frac{\sin(A-a^{\circ})}{\cos b' \sin(a'-a^{\circ})} \quad ;$$

$$G^{\circ} = \frac{\cos b}{\cos b^{\circ}}\,\frac{\sin(a'-a)}{\sin(a'-a^{\circ})} + \frac{R}{F}\cdot\frac{\sin(A-a')}{\cos b^{\circ} \sin(a'-a^{\circ})}$$

19. Pour les quatre derniers coefficients, équations (42), on peut observer que :

$$\frac{H'}{K'} = \frac{H^{\circ}}{K^{\circ}} = \frac{R' \sin(A'-A)}{R^{\circ} \sin(A-A^{\circ})} \quad ;$$

$$H' + K' = \frac{\sin b^{\circ}}{(C^{\circ}TC')}\left\{R' \sin(A'-A) + R^{\circ} \sin(A-A^{\circ})\right\} \quad ;$$

$$H^{\circ} + K^{\circ} = \frac{\sin b'}{(C^{\circ}TC')}\left\{R' \sin(A'-A) + R^{\circ} \sin(A-A^{\circ})\right\}$$

par conséquent, si l'on pose :

(48) $$M = R' \sin (A'-A) + R^{\circ} \sin (A-A^{\circ}) \quad ,$$

on aura, en remplaçant ($C^{\circ}TC'$) par sa valeur :

(49)
$$H' + K' = \mu' = \frac{M \sin (a^{\circ}-N)}{\cos b' \sin (a'-a^{\circ}) \sin (A-N)} \quad ;$$
$$H^{\circ} + K^{\circ} = \mu^{\circ} = \frac{M \sin (a'-N)}{\cos b^{\circ} \sin (a'-a^{\circ}) \sin (A-N)}$$

Observons maintenant que, m° et m' étant des quantités positives dont la somme est égale à 1, nous pouvons poser :

(50) $$m^{\circ} = \cos^2 \zeta \qquad m' = \sin^2 \zeta \qquad tg\, \zeta = \sqrt{\frac{m'}{m^{\circ}}}$$

Nous pourrons en outre, si les observations sont séparées par des intervalles tous deux inférieurs ou tous deux supérieurs à six mois, supposer :

(51) $$\frac{R' \sin (A'-A)}{R^{\circ} \sin (A-A^{\circ})} = tg^2 \psi = \frac{H'}{K'} = \frac{H^{\circ}}{K^{\circ}}$$

De là et des équations (48) et (49), il résulte :

$$K' = \mu' \cos^2 \psi \quad ; \quad H' = \mu' \sin^2 \psi \quad ; \quad K^{\circ} = \mu^{\circ} \cos^2 \psi \quad ; \quad H^{\circ} = \mu^{\circ} \sin^2 \psi$$

et par conséquent :

$$- m^{\circ} H' + m' K' = \mu' \left\{ \cos^2 \psi \sin^2 \zeta - \sin^2 \psi \cos^2 \zeta \right\} = - \mu' \sin (\psi + \zeta) \sin (\psi - \zeta)$$

$$+ m^{\circ} H^{\circ} - m' K^{\circ} = \mu^{\circ} \left\{ \sin^2 \psi \cos^2 \zeta - \cos^2 \psi \sin^2 \zeta \right\} = + \mu^{\circ} \sin (\psi + \zeta) \sin (\psi - \zeta)$$

Si les intervalles entre les observations ne satisfaisaient pas aux hypothèses indiquées, H' et K', ainsi que H° et K° seraient de signes contraires, et les premiers membres des équations précédentes se composant de termes de même signe, leur calcul direct se ferait sans difficulté avec toute la précision voulue.

20. Reprenons maintenant les équations (41) § 15. On peut écrire la première :

$$(1-e) \rho = (m^{\circ} D + m' E) e - (1-e) \left\{ F - m^{\circ} D - m' E \right\}$$

Et si l'on fait : (52) $h = m^{o}\mathrm{D} + m'\mathrm{E}$; $k = \mathrm{F} - m^{o}\mathrm{D} - m'\mathrm{E}$,
elle se réduit à :

(53) $$\rho = h\,\frac{e}{1-e} - k\,.$$

Lorsque les observations satisfont à la condition indiquée dans le § précédent, la valeur de k ne s'obtient pas avec précision par la seconde des équations (52) ; il convient, dans ce cas, qui se réalise à peu près constamment, d'employer un artifice de calcul.

Faisons :

(54) $$\mu = \mathrm{E} - \mathrm{D} \qquad \text{et} \qquad tg^2\Phi = \frac{\mathrm{F}-\mathrm{D}}{\mathrm{E}-\mathrm{F}}\,,$$

il en résulte :

$$\mathrm{F}-\mathrm{D} = \mu \sin^2\Phi \qquad ; \qquad \mathrm{E}-\mathrm{F} = \mu\cos^2\Phi$$

et

$$k = m^{o}(\mathrm{F}-\mathrm{D}) - m'(\mathrm{E}-\mathrm{F}) = \mu\left\{\sin^2\Phi\cos^2\zeta - \cos^2\Phi\sin^2\zeta\right\} = \mu\sin(\Phi+\zeta)\sin(\Phi-\zeta)$$

En substituant les valeurs de H', K', H°, K° du § précédent dans les dernières équations (41), on obtient :

(55) $$\begin{aligned} m^{o}\rho' &= (1-e)\,\rho\,\mathrm{G}' - \mu'\sin(\psi+\zeta)\sin(\psi-\zeta) \quad ; \\ m'\rho^{o} &= (1-e)\,\rho\,\mathrm{G}^{o} + \mu^{o}\sin(\psi+\zeta)\sin(\psi-\zeta). \end{aligned}$$

Les trois équations (53) et (55) donneront la valeur des trois distances à la terre ρ^{o}, ρ et ρ', dès que l'on connaîtra les valeurs de e et de ζ.

21. Nous devons maintenant rechercher d'autres relations entre les quantités e et ζ et les autres inconnues du problème.

Dans ce but, observons que, d'après les conventions du § 12, l'on obtient, pour l'expression des différentes parties de la figure (1), les résultats suivants :

$$\mathrm{SC^{o}C} = \tfrac{1}{2}\, r\, r^{o} \sin v^{o} \quad ; \quad \mathrm{SCC'} = \tfrac{1}{2}\, r\, r' \sin v' \quad ; \quad \mathrm{SC^{o}C'} = \tfrac{1}{2}\, r^{o} r' \sin(v^{o}+v');$$
$$\mathrm{C^{o}CC'} = \tfrac{1}{2}\left\{r r^{o}\sin v^{o} + r r'\sin v' - r^{o} r'\sin(v'+v^{o})\right\},$$

mais l'on a :

$$\frac{m'}{m^{o}} = \frac{\mathrm{C'E}}{\mathrm{C^{o}E}} = \frac{\mathrm{SCC'}}{\mathrm{SC^{o}C}} \qquad \text{et} \qquad \frac{e}{1-e} = \frac{\mathrm{CE}}{\mathrm{ES}} = \frac{\mathrm{C^{o}CC'}}{\mathrm{C^{o}SC'}}$$

Donc :

$$\frac{m'}{m^0} = \frac{rr' \sin v'}{rr^0 \sin v^0}, \quad \text{et} \quad \frac{e}{1-e} = \frac{rr' \sin v' + rr^0 \sin v^0 - r^0 r' \sin(v'+v^0)}{r^0 r' \sin(v'+v^0)}$$

D'un autre côté, les équations (VIII)° et (VIII)' § 12, en éliminant ν^0 et ν' par les équations (II)° et (II)', peuvent se mettre sous la forme :

$$rr^0 \sin v^0 = q\sqrt{r}\ \frac{\theta^0}{\eta^0} \qquad rr' \sin v' = q\sqrt{r}\ \frac{\theta'}{\eta'}$$

Ces deux relations donnent :

$$\frac{rr' \sin v'}{rr^0 \sin v^0} = \frac{\theta' \eta^0}{\theta^0 \eta'} \qquad \text{et} \qquad r^0 rr' \sin v^0 \sin v' = q^2 \frac{\theta^0 \theta'}{\eta^0 \eta'}$$

On a donc :

$$\text{(IX)} \qquad \frac{m'}{m^0} = \frac{\theta' \eta^0}{\theta^0 \eta'} = tg^2 \zeta.$$

Pour obtenir la valeur de $\frac{e}{1-e}$ exprimée par les mêmes rapports η^0 et η', observons que les deux équations, (V)° et (V)' peuvent s'écrire :

$$\frac{\sigma}{q} \sin v^0 - \left(1 - \frac{1}{q^2}\right)(1-\cos v^0) = \frac{r}{r^0} - 1 \quad ;$$

$$\frac{\sigma}{q} \sin v' + \left(1 - \frac{1}{q^2}\right)(1-\cos v') = 1 - \frac{r}{r'}$$

Si nous ajoutons ces deux équations, après les avoir multipliées par $-\sin v'$ et $+\sin v^0$, nous aurons :

$$\left(1 - \frac{1}{q^2}\right)\{\sin v^0 + \sin v' - \sin(v^0+v')\} = \sin v^0 + \sin v' - \frac{1}{r'r^0}\{rr^0 \sin v^0 + rr' \sin v'\}$$

ou en réduisant :

$$\frac{1}{q^2}\left\{\sin v^0 + \sin v' - \sin(v^0+v')\right\} = \frac{1}{r'r^0}\left\{rr^0 \sin v^0 + rr' \sin v' - r'r^0 \sin(v'+v^0)\right\}$$

d'où l'on tire :

$$rr^0 \sin v^0 + rr' \sin v' - r'r^0 \sin(v'+v^0) = \frac{r^0 r'}{q^2}\left\{\sin v^0 + \sin v' - \sin(v'+v^0)\right\}$$

et en remplaçant $\frac{r^0 r'}{q^2}$ par sa valeur déduite de l'équation :

$$r^0 r r' \sin v^0 \sin v' = q^2 \frac{\theta'\theta^0}{\eta'\eta^0}$$

$$rr^0 \sin v^0 + rr' \sin v' - r^0 r' \sin(v'+v^0) = \frac{r^0 r' \{\sin v^0 + \sin v' - \sin(v'+v^0)\}\theta'\theta^0}{r^0 r r' \eta' \eta^0 \sin v' \sin v^0}$$

en substituant dans la valeur de $\frac{e}{1-e}$ il vient :

$$\frac{e}{1-e} = \frac{\{\sin v^0 + \sin v' - \sin(v'+v^0)\}\theta'\theta^0}{r^0 r r' \eta' \eta^0 \sin(v'+v^0) \sin v^0 \sin v'}$$

Si, dans cette éqnation, nous remplaçons $\sin v^0 + \sin v' - \sin(v'+v^0)$ par sa valeur :

$$4 \sin {}^1/_2 (v'+v^0) \sin {}^1/_2 v' \sin {}^1/_2 v^0$$

et

$$\sin(v'+v^0) \sin v^0 \sin v'$$

par :

$$8 \sin {}^1/_2 (v'+v^0) \cos {}^1/_2 (v'+v^0) \sin {}^1/_2 v' \sin {}^1/_2 v^0 \cos {}^1/_2 v' \cos {}^1/_2 v^0,$$

l'on aura :

$$\frac{e}{1-e} = \frac{\theta'\theta^0}{2r^3} \frac{r^2}{r^0 r' \eta^0 \eta' \cos {}^1/_2 (v'+v^0) \cos {}^1/_2 v' \cos {}^1/_2 v^0}$$

ou (56) $$\frac{e}{1-e} = \frac{m}{r^3}$$

en posant : (X) $$m = \frac{\theta'\theta^0}{2} \frac{r^2}{r^0 r' \eta^0 \eta' \cos {}^1/_2 (v'+v^0) \cos {}^1/_2 v' \cos {}^1/_2 v^0}$$

Et les trois équations (53) et (55) deviendront :

(57)
$$\rho = \frac{mh}{r^3} - k$$
$$m^0 \rho' = (1-e) G' \rho - \mu' \sin(\psi+\zeta) \sin(\psi-\zeta)$$
$$m' \rho^0 = (1-e) G^0 \rho + \mu^0 \sin(\psi+\zeta) \sin(\psi-\zeta)$$

où
$$m^0 = \cos^2 \zeta \quad ;$$
$$m' = \sin^2 \zeta \quad ;$$
$$1 - e = \frac{1}{1 + \frac{m}{r^3}}$$

22. Ces transformations ont introduit dans ces équations de nouvelles inconnues, savoir : r^0, r, r' et les angles v^0 et v'. Mais il est facile d'établir des relations qui les lient aux trois autres ρ^0, ρ, ρ'.

Si nous élevons aux carrés les trois équations (37), nous aurons, en observant que $x^2+y^2+z^2=r^2$, et que $B=0$:

$$r^2 = \rho^2 + 2R\rho \cos b \cos(A-a) + R^2 \quad ,$$

ou bien, en désignant par T l'angle à la terre :

(58) $$r^2 = \rho^2 - 2R\rho \cos T + R^2$$

D'un autre côté, si nous appliquons les équations (37) à la première position de l'astre, elles donnent :

$$x^0 = \rho^0 \cos b^0 \cos a^0 + R^0 \cos A^0 \quad ;$$
$$y^0 = \rho^0 \cos b^0 \sin a^0 + R^0 \sin A^0 \quad ;$$
$$z^0 = \rho^0 \sin b^0.$$

En désignant par α^0 et β^0, la longitude et la latitude héliocentrique de l'astre à cette première époque, ces équations deviennent :

$$r^0 \cos\alpha^0 \cos\beta^0 = \rho^0 \cos b^0 \cos a^0 + R^0 \cos A^0 \quad ;$$
$$r^0 \sin\alpha^0 \cos\beta^0 = \rho^0 \cos b^0 \sin \alpha^0 + R^0 \sin A^0 \quad ;$$
$$r^0 \sin\beta^0 = \rho^0 \sin b^0.$$

Ces équations peuvent se présenter sous une forme plus commode en ajoutant les deux premières multipliées respectivement par $\cos A^0$ et $\sin A^0$, et par $\sin A^0$ et $-\cos A^0$. Elles deviennent :

$$r^0 \cos\beta^0 \cos(A^0-\alpha^0) = R^0 + \rho^0 \cos b^0 \cos(A^0-a^0) \quad ;$$
(59) $$r^0 \cos\beta^0 \sin(A^0-\alpha^0) = \rho^0 \cos b^0 \sin(A^0-a^0) \quad ;$$
$$r^0 \sin\beta^0 = \rho^0 \sin b^0.$$

On trouverait par un calcul semblable :

$$(59)' \qquad \begin{aligned} r'\cos\beta'\cos(A'-\alpha') &= R'+\rho'\cos b'\cos(A'-a') \quad ; \\ r'\cos\beta'\sin(A'-\alpha') &= \rho'\cos b'\sin(A'-a') \quad ; \\ r'\sin\beta' &= \rho'\sin b'. \end{aligned}$$

Ces équations servent à faire connaître r°, r', α°, α', β°, β', au moyen de ρ° et ρ', et des données de l'observation. Lorsque ces quantités seront connues, on pourra facilement en déduire la valeur de l'arc $v^\circ+v'$.

Soient en effet (fig. 4) C° et C' les deux positions héliocentriques de l'astre dans la première et la troisième observation. Soit ☊ A° A' l'écliptique, P le pôle de l'écliptique et ☊ le nœud ascendant de l'orbite.

L'on a dans le triangle $PC^\circ C'$:

$$PC^\circ = 90^\circ-\beta^\circ \quad ; \quad PC' = 90^\circ-\beta' \quad ;$$
$$C^\circ C' = v^\circ+v' \quad ; \quad P = \alpha'-\alpha^\circ.$$

et si l'on désigne l'angle $PC^\circ C'$ par γ° et l'angle $PC'D$ par γ', les formules de Gauss donneront :

$$(60) \qquad \begin{aligned} \cos {}^1/_2(\beta'+\beta^\circ)\sin {}^1/_2(\alpha'-\alpha^\circ) &= \sin {}^1/_2(v'+v^\circ)\sin {}^1/_2(\gamma'+\gamma^\circ) \quad ; \\ \sin {}^1/_2(\beta'-\beta^\circ)\cos {}^1/_2(\alpha'-\alpha^\circ) &= \sin {}^1/_2(v'+v^\circ)\cos {}^1/_2(\gamma'+\gamma^\circ) \quad ; \\ \sin {}^1/_2(\beta'+\beta^\circ)\sin {}^1/_2(\alpha'-\alpha^\circ) &= \cos {}^1/_2(v'+v^\circ)\sin {}^1/_2(\gamma'-\gamma^\circ) \quad ; \\ \cos {}^1/_2(\beta'-\beta^\circ)\cos {}^1/_2(\alpha'-\alpha^\circ) &= \cos {}^1/_2(v'+v^\circ)\cos {}^1/_2(\gamma'-\gamma^\circ). \end{aligned}$$

Ces équations feront connaître $\gamma'+\gamma^\circ$, $\gamma'-\gamma^\circ$ et $v'+v^\circ$. Les deux premiers angles serviront, comme nous le verrons dans la quatrième section, à déterminer la longitude du nœud et l'inclinaison de l'orbite.

Pour déduire de $v^\circ+v'$ la valeur individuelle de v' et v°, il faut observer que l'équation :

$$\frac{m'}{m^\circ} = \frac{r'\sin v'}{r^\circ\sin v^\circ} \quad \text{donne} \quad \frac{1}{m^\circ} = \frac{r^\circ\sin v^\circ+r'\sin v'}{r^\circ\sin v^\circ}$$

$$\text{et} \quad \frac{1}{m'} = \frac{r^\circ\sin v^\circ+r'\sin v'}{r'\sin v'}$$

l'on a, d'ailleurs :

$$1-e = \frac{r^{\circ}r'\sin(v'+v^{\circ})}{r(r^{\circ}\sin v^{\circ}+r'\sin v')}$$

on déduit de là en éliminant $r^{\circ}\sin v^{\circ}+r'\sin v'$ entre cette dernière équation et chacune des deux autres :

$$(61)\quad \sin v^{\circ} = \frac{m^{\circ}}{1-e}\frac{r'}{r}\cdot\sin(v'+v^{\circ}) \quad ; \quad \sin v' = \frac{m'}{1-e}\frac{r^{\circ}}{r}\sin(v'+v^{\circ}).$$

Si l'on rapproche maintenant les équations (57), (58), (59)°, (59)', (60) et (61), on voit que si, outre les données de l'observation, on connaît les deux quantités que nous avons désignées par ζ et m, ces équations font connaître les trois rayons vecteurs de l'astre r°, r et r' et les angles compris entre eux; et ces cinq quantités, en y joignant les temps écoulés entre les observations, sont plus que suffisantes pour déterminer tous les éléments de l'orbite. Nous verrons, dans la troisième section, la marche la plus convenable pour la détermination de ζ et de m, et pour la résolution des équations qui font connaître les rayons vecteurs et les amplitudes, et dans la quatrième le moyen le plus commode pour en déduire la valeur des éléments.

SECTION III.

Détermination des rayons vecteurs de l'astre à l'époque des trois observations et des arcs héliocentriques qu'ils comprennent.

23. La complication du problème que nous nous proposons dans cette section, rend sa solution directe impraticable; elle oblige le calculateur à suivre une marche indirecte et à arriver aux valeurs exactes des inconnues par des approximations successives. Gauss a énuméré, dans son remarquable ouvrage, les différentes voies par lesquelles cette solution par approximation peut être entreprise; celle que nous suivrons est celle qu'il a choisie et développée, mais nous la modifierons de manière à la rendre plus rapide et moins onéreuse, par l'introduction des résultats auxquels nous sommes parvenus dans les deux sections précédentes.

Cette marche consiste à attribuer d'entrée à ζ et à m, non pas leurs valeurs exactes, qui ne peuvent être connues au début du calcul, mais des valeurs suffisamment approchées, et nous verrons que, si les observations ne sont pas très-distantes les uns des autres, ces valeurs pourront être choisies de manière à satisfaire à cette condition. Cela fait, nous résoudrons les deux équations qui contiennent comme inconnues ρ et r, savoir: la première des équations (57) et l'équation (58). Dès que nous connaîtrons ainsi r, nous pourrons obtenir des valeurs plus exactes de m et de ζ, et nous prendrons ces valeurs pour établir le calcul d'une *première approximation;* le calcul précédent ne constituant qu'une *approximation préliminaire*.

Avec ces valeurs de m et de ζ, nous calculerons par les équations (57) à

(61) les valeurs de r, r^0, r', v^0 et v'. Ensuite, par un procédé que nous développerons, nous calculerons au moyen de r^0, r, v^0 et θ^0 les constantes q et σ qui, comme nous l'avons vu, constituent avec r les constantes principales de la section conique; nous désignerons par q_0 et σ_0 les valeurs trouvées pour ces constantes. Nous calculerons ensuite, d'une manière analogue, les valeurs de q et de σ au moyen de r, r', v' et θ', et nous désignerons ces valeurs par q_1 et σ_1. Si les valeurs données à m et à ζ étaient exactes, nous trouverions :

$$lg\, \frac{q_0}{q_1} = 0 \quad ; \quad lg\, \frac{\sigma_0}{\sigma_1} = 0.$$

Mais habituellement cela n'aura pas lieu, et le second membre des deux équations présentera, surtout dans la seconde, une valeur qui pourra différer sensiblement de 0. Supposons que nous trouvions :

$$lg\, \frac{q_0}{q_1} = \mathrm{X} \quad ; \quad lg\, \frac{\sigma_0}{\sigma_1} = \mathrm{Y}.$$

Nous calculerons alors par (VIII)° et (VIII)' les valeurs de η^0 et η', en faisant dans la première $q = q_0$ et dans la seconde $q = q_1$; et ces valeurs, introduites dans les équations (IX) et (X), nous donneront de nouvelles valeurs de m et de ζ, qui serviront de base à une *seconde approximation*.

Avec les nouvelles valeurs de m et ζ, nous reprendrons le même calcul sur les équations (57) à (61), et nous obtiendrons deux systèmes de valeurs de q et de σ, q_0 et σ_0 et q_1 et σ_1. Si ces nouvelles valeurs donnent :

$$lg\, \frac{q_0}{q_1} = 0 \quad ; \quad lg\, \frac{\sigma_0}{\sigma_1} = 0,$$

nous serons assurés que les valeurs, attribuées à m et à ζ dans cette seconde approximation, sont exactes, et que les valeurs trouvées pour les cinq inconnues sont correctes. Dans le cas contraire, nous aurons :

$$lg\, \frac{q^0}{q_1} = \mathrm{X}' \quad ; \quad lg\, \frac{\sigma_0}{\sigma_1} = \mathrm{Y}',$$

et les quantités X' et Y' seront toujours beaucoup plus petites que X et Y.

Si, sans être nulles, les quantités X' et Y' étaient très-petites, on pourrait

s'arrêter à cette seconde approximation, mais si l'on veut un résultat plus approché, on calculera par (VIII)° et (VIII)' de nouvelles valeurs de η^0 et η', au moyen desquelles on calculerait par (IX) et (X) des valeurs de m et ζ, avec lesquelles on commencerait, de la même manière, une *troisième approximation*.

Si, dans le résultat de cette troisième approximation, les conditions :

$$lg\,\frac{q^0}{q_1} = 0 \quad ; \quad lg\,\frac{\sigma_0}{\sigma_1} = 0$$

se trouvent vérifiées, on conclut de même, que les valeurs des inconnues sont correctes, et l'on peut passer au calcul des éléments de l'orbite. Si ces conditions ne se vérifient pas d'une manière assez satisfaisante, on pourrait procéder de la même manière à une quatrième approximation.

Si les premières valeurs de m et de ζ ont été bien choisies, il sera rarement nécessaire de dépasser la troisième approximation pour laquelle on trouvera toujours, au moins pour $\frac{q_0}{q_1}$, un nombre extrêmement peu différent de 1. Le plus souvent ce fait se réalisera dès la seconde hypothèse, si les observations ne sont pas séparées par des intervalles de temps trop longs; fréquemment même dès la première. La seconde équation $\frac{\sigma_0}{\sigma_1} = 1$ pourra présenter des différences plus considérables, mais l'identification de cette équation est moins importante que celle de la première, à cause du peu d'influence de la valeur de la constante σ sur des positions très-voisines dans l'orbite, et l'on pourra toujours considérer comme satisfaisant un résultat dans lequel les logarithmes de σ_0 et σ_1 seraient égaux dans leurs quatre ou cinq premières décimales.

La méthode dont nous venons de tracer la marche, conduira toujours à des résultats de plus en plus rapprochés de l'exactitude absolue, et se présentera toujours avec un caractère prononcé de convergence, à cause de la très-petite erreur à laquelle seront soumises dès le début du calcul les valeurs adoptées pour m et ζ. Gauss indique un moyen par lequel, lorsque l'on a calculé les trois premières hypothèses, on peut pour la quatrième, en tenant compte des erreurs constatées dans les premières, obtenir pour m et ζ des valeurs plus cor-

rectes, mais outre que ce moyen exige un calcul un peu pénible, il semble que la même voie par laquelle on passe de la deuxième à la troisième hypothèse, est aussi convergente que celle qu'il propose pour passer de la troisième à la quatrième.

Nous allons maintenant développer avec détail la marche du calcul et les différentes opérations de cette méthode.

24. Il faut commencer par calculer avec soin l'angle à la terre T qui figure dans l'équation (57). Cet angle est égal à 180°—CT (fig. 3). En désignant par w l'angle CTT' et en considérant cet angle comme compris entre 0° et 180°, lorsque le point C est dans l'hémisphère boréal, ou lorsque b est positif, et comme compris entre 180° et 360° dans le cas contraire, nous aurons :

$$(62)\qquad tg\,w = \frac{tg\,b}{\sin(a-A)} \quad ; \quad tg\,T = \frac{tg\,(A-a)}{\cos w} \quad ;$$
$$\sin T = \frac{-\sin b}{\sin w} \quad ; \quad \cos T = -\cos b \cos(A-a)$$

les deux dernières servant de vérification. On calcule ensuite N par la seconde équation (44), en ayant soin de vérifier le résultat par la première. On détermine ensuite, à l'aide des équations (45), (46)', (47), (48), (49), (51), (54), succesivement Q, D, E, F, G', G°, M, μ', μ^0, ψ, μ et Φ, et l'on a ainsi la valeur de toutes les quantités permanentes qui serviront de base au calcul des différentes approximations.

Il faut ensuite déterminer une première valeur approchée de r et de ρ, en résolvant les deux équations (57) et (58) :

$$\rho = \frac{mh}{r^3} - k \qquad \text{et} \qquad r^2 = \rho^2 - 2R\rho\cos T + R^2$$

où $$m = \frac{\theta'\theta^0}{2}\,\frac{r^2}{r^0 r' \eta^0 \eta' \cos{}^1/_2(v'+v)\cos{}^1/_2 v' \cos{}^1/_2 v^0} \quad ;$$

$$tg^2\zeta = \frac{m'}{m^0} = \frac{\theta'\eta^0}{\theta^0\eta'}$$

$$h = m^0 D + m' E \quad ; \quad k = \mu \sin(\Phi+\zeta)\sin(\Phi-\zeta).$$

Si l'on considère les intervalles entre les observations exprimées en temps, ou en arcs héliocentriques parcourus, comme des quantités du premier ordre, on voit que η^0 et η' surpassent l'unité de quantités du second ordre, en sorte que le rapport $\frac{\eta^0}{\eta'}$ est à peu près égal à 1; il en résulte qu'on peut, avec un degré d'approximation d'autant plus grand que les observations sont moins distantes, prendre :

$$(63) \qquad tg^2 \zeta = \frac{\theta'}{\theta^0}$$

Avec un degré d'approximation encore suffisant quoiqu'un peu moins précis, on peut prendre :

$$(63) \qquad m = \frac{\theta' \theta^0}{2}$$

en observant que $\frac{r^2}{r'r^0}$ ne diffère de 1 que de quantités du second ordre, ou même du troisième ordre, si l'orbite est peu excentrique, et qu'il s'établit une compensation entre les cosinus qui diffèrent de l'unité, en moins, de quantités du second ordre, et les rapports η^0 et η' qui surpassent l'unité de quantités du même ordre.

25. Avec ces valeurs pour $tg^2 \zeta$ et m, on connaîtra les constantes des deux équations en r et ρ, et l'on pourra en déduire la valeur de ces deux inconnues. La résolution de ces équations peut être facilitée par une ingénieuse transformation que l'on doit à Gauss, et que nous effectuerons, après avoir présenté quelques remarques préliminaires.

On observe dans l'application de ces équations aux observations, que lorsque celles-ci ne sont pas trop distantes les unes des autres, et que dans l'intervalle qu'elles comprennent, la terre et l'astre n'ont parcouru l'une et l'autre que de petites parties de leurs orbites respectives, les deux constantes k et mh sont des quantités de même signe, de même ordre de grandeur et à peu près égales entre elles. La raison de ce fait analytique est que la terre elle-même, se mouvant autour du Soleil en obéissant aux mêmes lois auxquelles l'astre observé est assujetti, doit fournir une solution du problème. Il en résulte que les deux

équations doivent se vérifier pour le système de valeurs : $r = R$ et $\rho = 0$. La seconde se vérifie identiquement sous cette hypothèse, et la première devient :

$$k_1 = \frac{m_1 h_1}{R^3}$$

en désignant par k_1, m_1, h_1 ce que deviennent k, m, h, lorsqu'on y remplace les éléments de l'astre par ceux de la terre. Or, lorsque les observations sont peu distantes, l'influence de la nature spéciale de l'orbite sur la valeur de ces coefficients est insensible, et cette substitution ne les altère que de quantités inappréciables. On a donc :

$$k = \frac{mh}{R^3}$$

De ce fait découle une conséquence, c'est que comme l'on a à très-peu près :

$$\rho = mh\left(\frac{1}{r^3} - \frac{1}{R^3}\right)$$

et que ρ doit toujours être positif, l'on aura $r > R$ ou $r < R$, suivant que mh sera négatif ou positif. Et comme mh ne peut pas devenir nul, à moins que les observations n'embrassent plus de la moitié de l'orbite de l'astre et de la terre, et que ce coefficient ne change de signe qu'en passant par l'infini, l'on voit que cette conséquence n'est pas affectée par la petite erreur que nous avons commise en l'établissant. Si l'on se reporte à la valeur de h, (m étant toujours une quantité positive, lorsque l'arc héliocentrique ne comprend qu'une petite partie de l'orbite) on voit facilement que ce coefficient est positif ou négatif, suivant que la trajectoire géocentrique tourne sa concavité ou sa convexité vers le Soleil. On en conclut que, dans le premier cas, $r < R$ et, dans le second, $r > R$. Cette propriété de la trajectoire apparente de l'astre a été signalée d'abord par Lambert, et présentée par lui comme facilitant la détermination de la distance de l'astre à l'époque de son observation moyenne.

Lorsque les observations embrassent une partie considérable des deux orbites de l'astre et de la terre, les considérations précédentes ne se vérifient plus, et, en particulier, mh et k peuvent différer beaucoup l'un de l'autre et même

présenter des signes contraires. Cependant : 1° lorsque mh est négatif, k doit toujours être négatif, afin que l'équation :

$$\rho = \frac{mh}{r^3} - k$$

puisse donner pour ρ une valeur positive et 2° lorsque k est positif, mh doit être positif aussi pour la même raison. Mais les réciproques ne sont pas nécessairement vraies, et l'on pourrait avoir à la fois mh positif et k négatif, c'est ce qui a lieu en particulier, lorsque l'astre est à une distance du Soleil plus grande que la terre, et que les observations extrêmes sont distantes de plus de six mois.

26. Considérons maintenant les deux équations simultanées :

$$\rho = \frac{mh}{r^3} - k \quad ; \quad r^2 = \rho^2 - 2R\rho \cos T + R^2$$

Observons que la seconde de ces équations est une relation trigonométrique entre les côtés et les angles du triangle formé par les trois astres à l'époque de l'observation moyenne. Elle peut être remplacée par d'autres relations entre les angles et les côtés de ce triangle. Or, si l'on désigne par C l'angle à l'astre, l'on aura :

$$(64) \qquad \frac{r}{\sin T} = \frac{R}{\sin C} = \frac{\rho}{\sin(C+T)}$$

Quels que soient les signes de k et de mh, faisons :

$$(65) \qquad \begin{aligned} l\sin\beta &= R\sin T \;; \\ l\cos\beta &= k + R\cos T, \end{aligned}$$

et convenons de donner à l et à l'angle β le signe de k.

Nous déduisons de là :

$$k+\rho = l\cos\beta - R\cos T + \frac{R\sin(C+T)}{\sin C} = \frac{l\cos\beta\sin C + R\sin T\cos C}{\sin C}$$

ou

$$k+\rho = \frac{l\sin(C+\beta)}{\sin C}$$

$$\frac{1}{r} = \frac{\sin C}{R\sin T}$$

En substituant ces valeurs de $k+\rho$ et de $\frac{1}{r}$ dans l'équation (57), elle devient :

$$\frac{l \sin (C+\beta)}{\sin C} = \frac{mh \sin^3 C}{(R \sin T)^3}$$

ou en posant :

$$\alpha = \frac{l (R \sin T)^3}{mh}$$

(66) $$\sin^4 C = \alpha \sin (C+\beta).$$

Pour résoudre cette équation : 1° lorsque k et, par conséquent, β sont positifs, on la met sous la forme :

(67) $$lg \sin C = \frac{1}{3}\, lg\, \alpha + \frac{1}{3} \{ lg \sin (C+\beta) - lg . \sin C \}$$

En négligeant le second terme, on a une valeur approchée de C qui, substituée dans le terme négligé, donne une valeur plus exacte, et, après quelques essais, on obtient une valeur aussi précise qu'on le voudra. En général, soit C′ une valeur approchée de C, et soit Δ l'excès du premier membre sur le second, soit de plus δ la différence tabulaire pour 1″ relative à $\sin(C'+\beta)$ et d la différence relative à $\sin C'$, l'on aura :

$$C = C' + \frac{3\Delta}{4d - \delta} . 1''.$$

2° Lorsque k et, par conséquent, β sont négatifs, l'équation (66) se présente sous l'un des deux formes :

$$\sin^4 C = \alpha \sin (C+\beta) \qquad \text{ou} \qquad \sin^4 C = -\alpha \sin(-C-\beta) ,$$

suivant que mh (et par suite α) est positif ou négatif.

Dans le premier cas, on la met sous la forme :

(68) $$lg \sin (C+\beta) = lg \frac{1}{\alpha} + 4 lg \sin C ,$$

dans le second, sous la forme :

(69) $$lg \sin(-C-\beta) = lg\left(-\frac{1}{\alpha}\right) + 4 lg \sin C.$$

Et en prenant, pour un premier essai, un angle C très-peu plus grand ou plus petit que l'angle β, on a une première valeur approchée que l'on corrige, comme dans le cas précédent, de la manière suivante. Soit Δ l'excès du premier membre sur le second pour une valeur inexacte C' de l'angle C. Soit δ la différence tabulaire relative à sin (C + β) ou sin (—C' — β) pour 1'' et d la différence relative à sin C', on aura :

$$C' = C - \frac{\Delta}{\delta - 4d} \cdot 1''.$$

Lorsque C est ainsi déterminé, on trouve ρ et r par les équations (64), savoir :

$$r = \frac{R \sin T}{\sin C} \; ; \quad \rho = \frac{R \sin (C+T)}{\sin C} \text{ et pour vérifier le calcul } \rho = \frac{l \sin (C+\beta)}{\sin C} - k.$$

27. Lorsqu'on connaît ainsi, par ce premier calcul, une valeur approchée de r, on détermine les angles ν^0 et ν' par (II)° et (II)', et l'on procède à une *première approximation*, en prenant :

$$tg^2 \xi = \frac{\sin \nu'}{\sin \nu^0} \; ; \; m = \frac{2r^3 \sin^2 {}^1\!/_2 \nu' \sin^2 {}^1\!/_2 \nu^0}{\cos^2 {}^1\!/_2 (\nu' + \nu^0)} \; ; \; m^0 = \frac{\sin \nu^0}{\sin \nu' + \sin \nu^0} \; ; \; m' = \frac{\sin \nu'}{\sin \nu^0 + \sin \nu'}$$

Dans cette première approximation, on commence par calculer par la méthode du § précédent une nouvelle valeur de r et de ρ. On calcule ensuite ρ' et ρ^0 par les équations (57) § 21, et r^0, r', $v'+v^0$, v', v^0 par (59)°, (59)', (60) et (61). Lorsqu'on a les valeurs de ρ^0, ρ, ρ', si les observations n'ont pas été corrigées de l'aberration, on peut tenir compte de cette correction en reportant la date de chaque observation en arrière d'un temps égal à celui que la lumière emploie pour venir de l'astre à la terre, temps que l'on obtient en jours moyens, en ajoutant au logarithme de la distance ρ^0, ρ ou ρ' le logarithme constant 7,7605800. Après cela, on calcule les angles ν^0, ν', ω^0, ω' par les équations (I)°, (II)°, (III)° et (I)', (II)', (III)'. Puis, si les angles v^0 et v' ne dépassent pas 5 ou 6 degrés, on détermine u^0 et u' par les équations (VII)° et (VII)', en négligeant entièrement V° et V' comme tout à fait insensibles et en faisant, dans une première approximation, $u = \nu$ dans le second membre, et en corrigeant ce premier résultat par la valeur trouvée pour $\nu - u$.

On calcule ensuite q_0 et σ^0, ainsi que q_1 et σ_1, par les équations (V)° et (VI)° et par (V)' et (VI)', et l'on juge de la précision de cette première approximation, en voyant si :

(70) $$lg\,\frac{q_0}{q_1} = 0 \qquad \text{et} \qquad lg\,\frac{\sigma^0}{\sigma'} = 0.$$

Dans le cas où les angles v^0 et v' dépasseraient 5° ou 6°, il faut pour calculer u^0 et u', en tenant compte des termes V^0 ou V', obtenir préalablement la valeur de σ' ; dans ce but, il faut résoudre les deux équations (V)° et (V)', savoir :

$$\frac{\sigma}{q}\sin v^0 - \left(1-\frac{1}{q^2}\right)(1-\cos v^0) = \frac{2tg\,\omega^0}{1-tg\omega^0} \quad ;$$

$$\frac{\sigma}{q}\sin v' + \left(1-\frac{1}{q^2}\right)(1-\cos v') = \frac{2tg\,\omega'}{1+tg\,\omega'}$$

On trouve, en éliminant successivement $\left(1-\frac{1}{q^2}\right)$ et $\frac{\sigma}{q}$ et en représentant pour abréger les seconds membres par Ω^0 et Ω' :

(71) $$\frac{\sigma}{q} = \frac{\Omega^0\sin^2{}^1/_2 v' + \Omega'\sin^2{}^1/_2 v^0}{2\sin{}^1/_2(v'+v^0)\sin{}^1/_2 v'\sin{}^1/_2 v^0} = a \; ;$$

$$\left(1-\frac{1}{q^2}\right) = \frac{\Omega'\sin v_0 - \Omega^0\sin v'}{\sin{}^1/_2(v'+v^0)\sin{}^1/_2 v'\sin{}^1/_2 v^0} = b,$$

et, lorsqu'on a trouvé ces deux valeurs, on en conclut :

$$\sigma' = \frac{b+a^2}{1-b} \quad ; \quad \sigma = \frac{a}{\sqrt{1-b}} \quad ; \quad q = \frac{1}{\sqrt{1-b}}$$

Avec la valeur de σ', on pourra calculer les angles u^0 et u' par les formules (VII)° et (VII)' et achever le calcul comme nous l'avons dit plus haut.

Si cette première approximation n'est pas suffisante, on calculera les valeurs de η^0 et η' par les équations (VIII)° et (VIII)', ou par l'un des deux autres systèmes, si les angles v^0 et v' ne dépassent pas 6° ou 7°, en préférant le système $(VIII)_1$ si $\sigma' > {}^1/_2$, et le système $(VIII)_2$ si $\sigma' < {}^1/_2$.

Connaissant ainsi les valeurs de η^0 et η', on prendra pour une *seconde approximation :*

$$tg^2 \xi = \frac{\theta' \eta^0}{\theta^0 \eta'} \quad ; \quad m = \frac{\theta^0 \theta'}{2} \frac{r^2}{r^0 r' \eta^0 \eta' \cos^1/_2 (v' + v^0) \cos^1/_2 v^0 \cos^1/_2 v'}$$

et l'on suivra, dans cette approximation et dans les suivantes, la marche que nous avons indiquée pour la première.



SECTION IV.

Détermination des éléments de l'orbite de l'astre.

28. Lorsque, par les calculs de la section précédente, on sera parvenu à déterminer les trois rayons vecteurs et les amplitudes des angles compris entre eux, ainsi que les deux constantes q et σ, il faudra déduire de ces déterminations la valeur des éléments de l'orbite.

En premier lieu, la longitude du nœud ascendant et l'inclinaison de l'orbite se déduiront des valeurs des angles γ^0 et γ', équations (60). Ces angles sont (fig.4) les angles PC°D et PC'D. Si nous considérons, dans cette figure, les triangles $C^0 \Omega A^0$ et $C' \Omega A'$, nous verrons que le premier a pour côtés :

$\Omega C^0 =$ argument de latitude $= w^0$;

$\Omega A^0 = (\alpha^0 - \Omega)$ en désignant par Ω la longitude du nœud ;

$C^0A^0 = \beta^0$,

et pour angles :

$A^0 = 90^\circ$:

$C^0 = \gamma^0$;

$\Omega = i.$

Les formules de Gauss, appliquées à ce triangle, donneront :

$$\sin{}^1/_2\beta^0 \cos{}^1/_2(90-\gamma^0) = \sin{}^1/_2(w^0+\alpha^0-\Omega)\sin{}^1/_2 i \quad ;$$

(72)°

$$\cos{}^1/_2\beta^0 \sin{}^1/_2(90-\gamma^0) = \cos{}^1/_2(w^0+\alpha^0-\Omega)\sin{}^1/_2 i \quad ;$$

$$\sin{}^1/_2\beta^0 \sin{}^1/_2(90-\gamma^0) = \sin{}^1/_2(w^0-\alpha^0+\Omega)\cos{}^1/_2 i \quad ;$$

$$\cos{}^1/_2\beta^0 \cos{}^1/_2(90-\gamma^0) = \cos{}^1/_2(w^0-\alpha^0+\Omega)\cos{}^1/_2 i.$$

Les deux premiers feront connaître $w^0 - \alpha^0 + \Omega$ et $\sin {}^1/_2\, i$, les deux autres $w^0 - \alpha^0 + \Omega$ et $\cos i$; l'on en déduira donc w^0, $\alpha^0 - \Omega$ et i. et par suite Ω et i.

Le triangle $C' \Omega A'$ fournira pour vérification les équations suivantes, dans lesquelles on a fait $w' = \Omega C' =$ l'argument de latitude de la troisième observation :

$$\sin {}^1/_2 \beta' \cos {}^1/_2 (90 - \gamma') = \sin {}^1/_2 (w' + \alpha' - \Omega) \sin {}^1/_2\, i \quad ;$$

$$\cos {}^1/_2 \beta' \sin {}^1/_2 (90 - \gamma') = \cos {}^1/_2 (w' + \alpha' - \Omega) \sin {}^1/_2\, i \quad ;$$

(72)

$$\sin {}^1/_2 \beta' \sin {}^1/_2 (90 - \gamma') = \sin {}^1/_2 (w' - \alpha' + \Omega) \cos {}^1/_2\, i \quad ;$$

$$\cos {}^1/_2 \beta' \cos {}^1/_2 (90 - \gamma') = \cos {}^1/_2 (w' - \alpha' + \Omega) \cos {}^1/_2\, i \quad ,$$

elles donneront des valeurs de Ω et i, qui devront s'identifier avec les valeurs précédentes et serviront de vérification. Les valeurs de w^0 et w' devront être réservées pour être utilisées plus tard.

29. Pour les autres éléments, on calculera d'abord :

$$\sigma' = q^2 + \sigma^2 - 1 \quad ,$$

en prenant :

$$lg\, q^2 = lg\, q_0 + lg\, q_1 \quad ; \quad lg\, \sigma^2 = lg\, \sigma_0 + lg\, \sigma_1 .$$

Si cette quantité est plus grande que 1, l'orbite sera une HYPERBOLE, et l'on déterminera :

le demi-paramètre $q^2 r = p$,

le demi-grand axe $\dfrac{r}{\sigma' - 1} = a$

et l'excentricité :

$$e = \sqrt{1 + \frac{p}{a}}$$

On trouvera ensuite la position de l'astre dans l'orbite en déterminant l'anomalie vraie V^0 et V' par l'une des deux équations :

$$\cos V^0 = \frac{1}{e} \left\{ \frac{p}{r^0} - 1 \right\} \quad ; \quad \cos V' = \frac{1}{e} \left\{ \frac{p}{r'} - 1 \right\}$$

On calculera ensuite un angle auxiliaire $^1/_2 F^0$ ou $^1/_2 F'$ par l'une des relations :

$$tg\,^1/_2 F^0 = tg\,^1/_2 V^0 \sqrt{\frac{e-1}{e+1}} \quad ; \quad \text{ou } tg\,^1/_2 F' = tg\,^1/_2 V' \sqrt{\frac{e-1}{e+1}}$$

puis la quantité u^0 ou u' par l'une des équations :

$$u^0 = tg\,(45^\circ + {}^1/_2 F^0) \quad ; \quad u' = tg\,(45^\circ + {}^1/_2 F')$$

et l'on trouvera le temps écoulé depuis le passage au périhélie T^0 ou T' par l'une des deux relations :

$$\sqrt{\mu}\, T^0 = \sqrt{a^3}\,\{e.tgF^0 - lg.u^0\} \quad ; \quad \sqrt{\mu}\, T' = \sqrt{a^3}\,\{e.tgF' - lg.u'\}$$

où les logarithmes sont népériens.

On obtiendra par là l'époque du passage au périhélie et, pour obtenir la longitude du périhélie, l'on aura en la désignant par Π :

$$\Pi = w^0 + \Omega - V^0 \qquad \text{ou} \qquad \Pi = w' + \Omega - V'.$$

30. Si la valeur de σ' est égale à 1, l'orbite sera une PARABOLE, et l'on aura :

le demi-paramètre $p = q^2 r$:

la distance-périhélie $D = {}^1/_2\, p$.

L'anomalie vraie pour la première observation :

$$tg\,^1/_2 V^0 = cotg\,^1/_2 (v' + v^0) - \frac{\sqrt{\frac{r^0}{r'}}}{\sin\,^1/_2 (v' + v^0)}$$

Et l'on trouvera le temps écoulé depuis le passage au périhélie par l'équation :

$$\sqrt{\mu}\; T^0 = \frac{1}{2}\sqrt{p^3}\left(tg\frac{1}{2}V^0 + \frac{1}{3}\,tg^3\frac{1}{2}V^0\right)$$

ou, à l'aide des tables de Barker.

31. Si enfin l'on trouve σ' plus petit que 1, l'orbite sera une ELLIPSE, et, comme ce cas est de beaucoup le plus important et celui que nous avons principalement en vue dans ce travail, nous indiquerons, pour le calcul des éléments, des moyens plus

précis et plus rigoureux que pour les deux précédents. La connaissance très-approximative de la valeur des deux constantes q et σ nous permettra de modifier l'ingénieuse analyse de Gauss, de manière à rendre la solution beaucoup plus rapide que dans sa méthode.

Nous désignerons les anomalies excentriques pour la première observation et la troisième par U° et U', et les anomalies vraies par V° et V'. Nous ferons de plus :

$$U'-U^\circ=2g \quad ; \quad V'-V^\circ=v'+v^\circ=2f \quad ;$$

$$U'+U^\circ=2G \quad ; \quad V'+V^\circ=2F.$$

Appelons ε l'angle dont le sinus est égal à l'excentricité et U, V et r l'anomalie excentrique, l'anomalie vraie et le rayon vecteur, pour un point quelconque de l'ellipse, nous aurons, en représentant comme plus haut par a, le demi-grand axe, et par p le demi-paramètre :

$$r=\frac{p}{1+\sin\varepsilon\cos V} \quad ; \quad r=a\,(1-\sin\varepsilon\cos U) \quad ; \quad p=a\cos^2\varepsilon.$$

On tire de la première, en y remplaçant p par $a\cos^2\varepsilon=a(1+\sin\varepsilon)(1-\sin\varepsilon)$:

$$\frac{r}{a\,(1+\sin\varepsilon)}=\frac{1-\sin\varepsilon}{1+\sin\varepsilon\cos V} \quad ; \quad \frac{r}{a(1-\sin\varepsilon)}=\frac{1+\sin\varepsilon}{1+\sin\varepsilon\cos V}$$

et en comparant les deux valeurs de r :

$$\frac{1-\sin\varepsilon}{1+\sin\varepsilon\cos V}=\frac{1-\cos U}{1-\cos V}=\frac{\sin^2 {}^1\!/_2 U}{\sin^2 {}^1\!/_2 V} \; ; \; \frac{1+\sin\varepsilon}{1+e\cos V}=\frac{1+\cos E}{1+\cos V}=\frac{\cos^2 {}^1\!/_2 U}{\cos^2 {}^1\!/_2 V}$$

Donc :

$$\frac{\sin^2 {}^1\!/_2 U}{\sin^2 {}^1\!/_2 V}=\frac{r}{a\,(1+\sin\varepsilon)} \quad ; \quad \frac{\cos^2 {}^1\!/_2 U}{\sin^2 {}^1\!/_2 V}=\frac{r}{a(1-\sin\varepsilon)}$$

Si l'on applique ces relations aux lieux de l'astre à l'époque de la première observation et de la troisième, l'on aura :

$$\sin {}^1\!/_2 U'=\sin {}^1\!/_2 V' \sqrt{\frac{r'}{a(1+\sin\varepsilon)}} \quad ; \quad \sin {}^1\!/_2 U^\circ=\sin {}^1\!/_2 V^\circ \sqrt{\frac{r^\circ}{a(1+\sin\varepsilon)}}$$

$$\cos {}^1\!/_2 U'=\cos {}^1\!/_2 V' \sqrt{\frac{r'}{a(1-\sin\varepsilon)}} \quad ; \quad \cos {}^1\!/_2 U^\circ=\cos {}^1\!/_2 V^\circ \sqrt{\frac{r^\circ}{a(1-\sin\varepsilon)}}$$

De ces valeurs on tire facilement en introduisant les notations indiquées plus haut :

$$\sin g = \frac{\sqrt{r^0 r'}}{p} \cos\varepsilon \sin f \quad ; \quad \cos g = \frac{\sqrt{r^0 r'}}{p} \left\{\cos f + \sin\varepsilon \cos F\right\}$$

(73)

$$\sin G = \frac{\sqrt{r^0 r'}}{p} \cos\varepsilon \sin F \quad ; \quad \cos G = \frac{\sqrt{r^0 r'}}{p} \left\{\cos F + \sin\varepsilon \cos f\right\}$$

D'un autre côté, l'on a en désignant par t le temps compté à partir du périhélie:

$$\sqrt{\mu}.\, t = \sqrt{a^3}\left\{E - \sin\varepsilon \sin E\right\}$$

Si l'on applique cette équation aux deux observations extrêmes, on a :

$$\sqrt{\mu}\; t' = \sqrt{a^3}\left\{U' - \sin\varepsilon \sin U'\right\} \quad ; \quad \sqrt{\mu}\; t^0 = \sqrt{a^3}\left\{U^0 - \sin\varepsilon \sin U^0\right\}$$

en les retranchant l'une de l'autre et en observant que $\sqrt{\mu}\,(t' - t^0) = \theta^0 + \theta'$, l'on a :

$$\theta^0 + \theta' = \sqrt{a^3}\left\{U' - U^0 - \sin\varepsilon\, (\sin U' - \sin U^0)\right\}$$

ou bien :

$$\frac{(\theta' + \theta^0)}{\sqrt{a^3}} = 2g - 2\sin\varepsilon \sin g \cos G.$$

Or, si nous multiplions par $\sin\varepsilon$ la valeur de $\cos G$, et si nous en retranchons la valeur de $\cos g$, nous aurons :

$$\sin\varepsilon \cos G - \cos g = -\frac{\sqrt{r^0 r'}}{p} \cos^2\varepsilon \cos f \quad ,$$

d'où multipliant, de part et d'autre, par $2 \sin g$:

$$2\sin\varepsilon \sin g \cos G = \sin 2g - 2\frac{\sqrt{r^0 r'}}{p} \cos^2\varepsilon \cos f \sin g \quad ,$$

et en remplaçant dans l'équation précédente :

(74) $$\frac{\theta' + \theta^0}{\sqrt{a^3}} = 2g - \sin 2g + 2\frac{\sqrt{r^0 r'}}{p} \cos^2\varepsilon \sin g \cos f \quad ,$$

$$\text{ou} \quad + \frac{2\sqrt{r^0 r'}}{a} \sin g \cos f.$$

Observons, d'un autre côté, que l'on a :

$$r' = a(1-\sin\varepsilon\cos U') \qquad ; \qquad r^{\circ} = a(1-\sin\varepsilon\cos U^{\circ})$$

d'où :

$$r'-r^{\circ} = a\sin\varepsilon(\cos U^{\circ}-\cos U') = 2a\sin\varepsilon\sin g\sin G \quad ;$$

$$r'+r^{\circ} = 2a-a\sin\varepsilon\,(\cos U^{\circ}+\cos U') = 2a-2a\sin\varepsilon\cos g\cos G \quad ;$$

$$= 2a-2a\cos g\left(\cos g-\frac{\sqrt{r^{\circ}r'}}{p}\cos^2\varepsilon\cos f\right) \quad ;$$

$$r'+r^{\circ} = 2a\sin^2 g+2\cos f\cos g\sqrt{r^{\circ}r'} \quad ;$$

on tire de là :

$$a = \frac{r'+r^{\circ}-2\cos f\cos g\sqrt{r^{\circ}r'}}{2\sin^2 g}$$

Et si l'on pose :

$$\frac{\sqrt{\frac{r'}{r^{\circ}}}+\sqrt{\frac{r^{\circ}}{r'}}}{2\cos f} = 1+2l \quad ,$$

nous aurons :

$$r'+r^{\circ} = 2\sqrt{r^{\circ}r'}\,(1+2l)\cos f$$

et par suite :

$$a = \frac{2\sqrt{r^{\circ}r'}\cos f\left\{1+2l-\cos g\right\}}{2\sin^2 g} = \frac{2\sqrt{r^{\circ}r'}\cos f\left\{l+\sin^2 {}^1/_2 g\right\}}{\sin^2 g}$$

Si dans l'équation (74) nous remplaçons a par sa valeur, elle devient :

$$\frac{(\theta'+\theta^{\circ})\sin^3 g}{2^{3/2}(\sqrt{r^{\circ}r'})^3\,(\cos f)^{3/2}\,(l+\sin^2 {}^1/_2 g)^{3/2}} = (2g-\sin 2g)+\frac{\sin^3 g}{\left\{l+\sin^2 {}^1/_2 g\right\}}$$

ou

$$(75) \qquad \frac{(\theta'+\theta^{\circ})}{\left\{2\sqrt{r^{\circ}r'}\cos f\right\}^{3/2}} = \left\{l+\sin^2 {}^1/_2 g\right\}^{1/2}+\left\{\frac{2g-\sin 2g}{\sin^3 g}\right\}(l+\sin^2 {}^1/_2 g)^{3/2}$$

Pour calculer l, nous introduirons un angle auxiliaire en posant :

$$(76) \qquad \sqrt[4]{\frac{r'}{r^{\circ}}} = tg(45+\varkappa).$$

Si nous observons que :

$$\left(\sqrt[4]{\frac{r'}{r^0}}-\sqrt[4]{\frac{r^0}{r'}}\right)^2 = \sqrt{\frac{r'}{r^0}}+\sqrt{\frac{r^0}{r'}}-2=\left\{tg(45+x)-tg(45-x)\right\}^2$$

$$= 4tg^2 2x.$$

Donc :

$$\sqrt{\frac{r'}{r^0}} + \sqrt{\frac{r^0}{r'}} = 2+4tg^2 2x \quad ,$$

en substituant cette valeur dans l'équation qui définit l, on trouve :

$$\frac{1+2tg^2 2x}{\cos f} = 1+2l \quad ,$$

d'où :

$$(76) \qquad l = \frac{tg^2 2x+\sin^2 {}^1\!/_2 f}{\cos f}.$$

22. Les équations (73) et (75) que nous avons trouvées dans le § précédent en suivant l'analyse de Gauss, vont nous servir à déterminer l'angle g, et nous en déduirons ensuite tous les éléments de l'orbite.

Observons d'abord, par les calculs précédents, nous avons déterminé q et σ. Or, nous avons vu, au § 4, que l'excentricité était égale à $\sqrt{\{\sigma'^2+\sigma^2(1-\sigma')\}}$; si donc nous observons que $q^2=1+\sigma'-\sigma^2$, il en résultera :

$$(77) \qquad \sin^2\varepsilon=(q^2-1)^2+q^2\sigma^2 \quad ,$$

nous avons, d'ailleurs :

$$p = q^2 r.$$

Nous pouvons donc obtenir la valeur des angles g, G et F, au moyen des équations (73), en déterminant g par la première, F par la seconde et G par les deux dernières. Ces valeurs substituées dans l'équation (74) ou (75), devront la vérifier et fourniront ainsi une vérification du calcul. Mais comme la valeur précédente de $\sin\varepsilon$ dépend de σ qui est connu par notre calcul moins exactement que q, il en résulte que la valeur de g, déterminée comme nous venons de le dire, n'est pas donnée avec un degré d'approximation suffisamment rigoureux pour assu-

rer le succès de tout le calcul; il sera donc convenable de suivre une marche différente.

Dans ce but, nous considérons la valeur de g, trouvée comme nous l'avons dit (et qui, dans tous les cas, ne différera que très-peu de la vraie valeur) comme une valeur approchée, et nous substituerons cette valeur de g et une valeur très-voisine dans l'équation (75); les résultats des deux substitutions nous permettront de déterminer g par interpolation avec un aussi grand degré d'exactitude que nous le désirerons.

Pour faciliter cette substitution, il faut pouvoir calculer commodément le coefficient $\frac{2g-\sin 2g}{\sin^3 g}$. Or, si, dans l'équation (35), § 10, l'on fait $u=2g$, cette équation montre que :

$$\frac{2g-\sin 2g}{\sin^3 g} = \mathrm{B}\sqrt[5]{\left(\frac{1}{\cos^{1/2} g}\right)^{12}}$$

donc :

$$lg\left(\frac{2g-\sin 2g}{\sin^3 g}\right) = lg\,\mathrm{B}+\frac{12}{5}\,lg\left(\frac{1}{\cos^{1/2} g}\right)$$

La table II donne les valeurs de lg B pour tous les angles jusqu'à $2g = 100°$. Nous avons indiqué, au § 10, la disposition de cette table à l'égard de son argument.

(Voir la table II à la page suivante.)

Table des valeurs de logarithme B *pour tous les angles jusqu'à* $2g = 100°$.

2g	log. B	diff.	2g	log. B	diff.	2g	log. B	diff.
0°	. 0,1249387		42°	. 0.1249643	25	78°	. 0.1252523	167
6°.20'	 9388		43°	 9668	27	79°	 2690	175
10°.52'	 9389		44°	 9695	29	80°	. 0.1252865	182
13°. 6'	 9390		45°	. 0.1249724	32	81°	 3047	188
14°. 5'	 9391		46°	 9756	33	82°	 3236	197
15°. 1'	 9392		47°	 9789	35	83°	 3432	203
15°.50'	 9393		48°	 9824	38	84°	 3635	212
16°.33'	 9394		49°	 9862	41	85°	. 0.1253847	220
17°.12'	 9395		50°	. 0.1249903	43	86°	 4067	228
17°.47'	 9396		51°	 9946	45	87°	 4295	236
18°.18'	 9397		52°	 9991	49	88°	 4531	245
18°.47'	 9398		53°	. 0.1250040	51	89°	 4776	254
19°.13'	 9399		54°	 0091	54	90°	. 0.1255030	263
19°.38'			55°	. 0.1250145	57	91°	 5293	273
20°	. 0,1249400	3	56°	 0202	61	92°	 5566	282
21°	 9403	3	57°	 0263	64	93°	 5848	292
22°	 9406	4	58°	 0327	67	94°	 6140	302
23°	 9410	4	59°	 0394	71	95°	. 0.1256442	312
24°	 9414	5	60°	. 0.1250465	75	96°	 6754	323
25°	. 0,1249419	6	61°	 0540	78	97°	 7077	334
26°	 9425	6	62°	 0618	83	98°	 7411	345
27°	 9431	6	63°	 0701	86	99°	 7756	357
28°	 9437	8	64°	 0787	91	100°	 8113	368
29°	 9445	8	65°	. 0.1250878	96			
30°	. 0.1249453	10	66°	 0974	100			
31°	 9463	10	67°	 1074	105			
32°	 9473	11	68°	 1179	109			
33°	 9484	12	69°	 1288	115			
34°	 9496	14	70°	. 0.1251403	120			
35°	. 0,1249510	15	71°	 1523	125			
36°	 9525	16	72°	 1648	131			
37°	 9541	17	73°	 1779	137			
38°	 9558	19	74°	 1916	142			
39°	 9577	20	75°	. 0.1252058	149			
40°	. 0.1249597	22	76°	 2207	154			
41°	 9619	24	77°	 2361	162			

33. Lorsque nous connaîtrons ainsi une valeur suffisamment précise de g, nous devrons en déduire les valeurs de G, F et des éléments de l'orbite. Dans ce but, nous reprendrons les équations suivantes que nous avons obtenues au § 31 :

$$\sin\tfrac{1}{2}V' \sqrt{\frac{r'}{a}} = \sin\tfrac{1}{2}U' \sqrt{1+\sin\epsilon} \quad ;$$

$$\cos\tfrac{1}{2}V' \sqrt{\frac{r'}{a}} = \cos\tfrac{1}{2}U' \sqrt{1-\sin\epsilon} \quad ;$$

$$\sin\tfrac{1}{2}V^0 \sqrt{\frac{r^0}{a}} = \sin\tfrac{1}{2}U^0 \sqrt{1+\sin\epsilon} \quad ;$$

$$\cos\tfrac{1}{2}V^0 \sqrt{\frac{r^0}{a}} = \cos\tfrac{1}{2}U^0 \sqrt{1-\sin\epsilon}\,.$$

ou bien en observant que :

$$V' = F+f \quad ; \quad V^0 = F-f \quad ; \quad U' = G+g \quad ; \quad U^0 = G-g,$$

$$(a) \qquad \sin\tfrac{1}{2}(F+f) \sqrt{\frac{r'}{a}} = \sin\tfrac{1}{2}(G+g) \sqrt{1+\sin\epsilon} \quad ;$$

$$(b) \qquad \cos\tfrac{1}{2}(F+f) \sqrt{\frac{r'}{a}} = \cos\tfrac{1}{2}(G+g) \sqrt{1-\sin\epsilon} \quad ;$$

$$(c) \qquad \sin\tfrac{1}{2}(F-f) \sqrt{\frac{r^0}{a}} = \sin\tfrac{1}{2}(G-g) \sqrt{1+\sin\epsilon} \quad ;$$

$$(d) \qquad \cos\tfrac{1}{2}(F-f) \sqrt{\frac{r^0}{a}} = \cos\tfrac{1}{2}(G-g) \sqrt{1-\sin\epsilon}\,.$$

Si l'on multiplie (a) par $\sin\tfrac{1}{2}(F+g)$ et (b) par $\cos\tfrac{1}{2}(F+g)$, on a, en ajoutant et en observant que :

$$\sqrt{1+\sin\epsilon} = \cos\tfrac{1}{2}\epsilon+\sin\tfrac{1}{2}\epsilon \quad ; \quad \sqrt{1-\sin\epsilon} = \cos\tfrac{1}{2}\epsilon-\sin\tfrac{1}{2}\epsilon \quad :$$

$$\cos\tfrac{1}{2}(f+g) \sqrt{\frac{r'}{a}} = \cos\tfrac{1}{2}\epsilon \cos\left\{\tfrac{1}{2}(F-G)-g\right\} - \sin\tfrac{1}{2}\epsilon \cos\tfrac{1}{2}(F+G) \quad :$$

on trouvera par un calcul analogue sur les deux équations (c) et (d) :

$$\cos\tfrac{1}{2}(f+g) \sqrt{\frac{r^0}{a}} = \cos\tfrac{1}{2}\epsilon \cos\left\{\tfrac{1}{2}(F-G)+g\right\} - \sin\tfrac{1}{2}\epsilon \cos\tfrac{1}{2}(F+G).$$

et, en retranchant ces deux dernières équations :

$$\cos {}^1\!/_2\,(f+g)\left\{\sqrt{\frac{r'}{a}}-\sqrt{\frac{r^0}{a}}\right\}=2\cos {}^1\!/_2\,\varepsilon\sin g\sin {}^1\!/_2(\mathrm{F}-\mathrm{G})\ ;$$

on trouvera par un calcul analogue :

$$\cos {}^1\!/_2\,(f-g)\left\{\sqrt{\frac{r'}{a}}-\sqrt{\frac{r^0}{a}}\right\}=2\sin {}^1\!/_2\,\varepsilon\sin g\sin {}^1\!/_2(\mathrm{F}+\mathrm{G})\ ;$$

$$\sin {}^1\!/_2\,(f+g)\left\{\sqrt{\frac{r'}{a}}+\sqrt{\frac{r^0}{a}}\right\}=2\cos {}^1\!/_2\,\varepsilon\sin g\cos {}^1\!/_2(\mathrm{F}-\mathrm{G})\ ;$$

$$\sin {}^1\!/_2\,(f-g)\left\{\sqrt{\frac{r'}{a}}+\sqrt{\frac{r^0}{a}}\right\}=2\sin {}^1\!/_2\,\varepsilon\sin g\cos {}^1\!/_2(\mathrm{F}+\mathrm{G}).$$

Or, nous avons obtenu au § précédent :

$$\sqrt[4]{\frac{r'}{r^0}}-\sqrt[4]{\frac{r^0}{r'}}=2tg\,2\varkappa\ ,$$

d'où en multipliant, de part et d'autre, par :

$$\sqrt[4]{\frac{r^0r'}{a^2}}$$

$$\sqrt{\frac{r'}{a}}-\sqrt{\frac{r^0}{a}}=2\sqrt[4]{\frac{r^0r'}{a^2}}\,.\,tg\,2\varkappa.$$

Nous avons aussi :

$$\sqrt{\frac{r'}{r^0}}+\sqrt{\frac{r^0}{r'}}=2\{1+2tg^2\,2\varkappa\}$$

d'où :

$$\left(\sqrt[4]{\frac{r'}{r^0}}+\sqrt[4]{\frac{r^0}{r'}}\right)^2=4\{\sec^2 2\varkappa\}=\frac{4}{\cos^2 2\varkappa}$$

donc :

$$\sqrt[4]{\frac{r'}{r^0}}+\sqrt[4]{\frac{r^0}{r'}}=\frac{2}{\cos 2\varkappa}$$

et en multipliant par $\sqrt[4]{\frac{r^0r'}{a^2}}$ chaque membre :

$$\sqrt{\frac{r'}{a}} + \sqrt{\frac{r^0}{a}} = \frac{2\sqrt[4]{\frac{r^0r'}{a^2}}}{\cos 2x}$$

En subsistant ces valeurs dans les quatre équations précédentes, elles prennent la forme :

(78)
$$\cos{}^1/_2(f+g)\,tg\,2x = \cos{}^1/_2\,\varepsilon.\sin g.\sin{}^1/_2(F-G)\sqrt[4]{\frac{a^2}{r^0r'}}$$
$$\sin{}^1/_2(f+g)\sec 2x = \cos{}^1/_2\,\varepsilon.\sin g.\cos{}^1/_2(F-G)\sqrt[4]{\frac{a^2}{r^0r'}}$$
$$\cos{}^1/_2(f-g)\,tg\,2x = \sin{}^1/_2\,\varepsilon.\sin g.\sin{}^1/_2(F+G)\sqrt[4]{\frac{a^2}{r^0r'}}$$
$$\sin{}^1/_2(f-g)\sec 2x = \sin{}^1/_2\,\varepsilon.\sin g.\cos{}^1/_2(F+G)\sqrt[4]{\frac{a^2}{r^0r'}}$$

Ces équations feront connaître F, G, ε et a.

L'on pourra pour vérifier prendre $a = \dfrac{2\sqrt{r^0r'}\,\cos f\,\{\lambda+\sin^{2\,1}/_2 g\}}{\sin^2 g}$

$$a = \frac{\sqrt{r^0r'}\,.\sin f}{\sin g\cos\varepsilon}$$

$$a = \frac{\sqrt{r^0r'}\,\sin F}{\sin G\cos\varepsilon}$$

qui résultent des équations précédentes.

34. Lorsqu'on aura trouvé les angles F et G, on aura $V^0 = F-f$; $V' = F+f$; $U^0 = G-g$; $U' = G+g$. L'on connaîtra par là la position du périhélie ; l'on a en effet, en désignant sa longitude par Π :

(79) $$\Pi = \Omega + w' - V' \quad \text{ou} \quad \Pi = \Omega + w^0 - V^0.$$

Enfin, l'on aura pour l'anomalie moyenne de l'époque qui répond au temps milieu entre les observations extrêmes :

$$G - \sin\varepsilon\sin G\cos g \quad ;$$

et pour le mouvement moyen diurne :

$$\frac{2g - 2\sin\varepsilon \cos G \sin g}{\theta' + \theta^0} = \frac{\sqrt{\mu}}{a^{3/2}} \tag{80}$$

dont l'accord confirmera le calcul. On pourra par le moyen mouvement diurne transporter l'anomalie moyenne à une époque arbitraire, et la convertir en longitude moyenne en y ajoutant Π.

On pourra par ce mouvement moyen transporter l'anomalie moyenne à une autre époque. On pourrait aussi calculer l'anomalie moyenne pour les dates des deux observations par les formules :

$$U^0 - \sin\varepsilon \sin U^0 \quad ; \quad U' - \sin\varepsilon \sin U' \quad ,$$

et vérifier le calcul en comparant leur différence à $\frac{\sqrt{\mu}}{a^{3/2}} (\theta' + \theta^0)$.

SECTION V.

Applications.

Nous prendrons pour exemple le calcul des éléments de Junon, d'après les données suivantes qui sont empruntées à l'ouvrage de Gauss, et auxquelles il a appliqué sa méthode. (*Theoria motûs, etc.*, page 169.)

	1re observation.	*2de observation.*	*3me observation.*
Epoque des observ. tm. de Paris : Octobre.	5,458644	17,421855	27,393077
Longitudes de la terre................	12°.28'.27'',76	24°.19'.49'',05	34°.16'.9'',65
Logarithmes des rayons vecteurs........	9,9996826	9 9980979	9.9969678
Longitudes géocentriques de Junon......	354°.44'.31'',60	352°.34'.22'',12	351°.34'.30''01
Latitudes géocentriques...............	—4°.59'.31'',06	—6°.21'.55'',07	—7°.17'.50''95

On calcule, en premier lieu, l'angle T par les formules *(a)*, § 24, on trouve :

$$T = 147°.40'.35'',065.$$

On trouve ensuite par l'équation (40) :

$$\frac{a'+a^{\circ}}{2} - N = -8°.19'.18'',600.$$

L'équation (46)' donne : $lg\, Q = 7.5671360\, n$. (Nous indiquons par la lettre *n*, d'après la notation de Gauss, que le nombre Q est négatif.)

Les équations (45) et (47) donnent :

$$lg D = 2,0352919\, n \quad ; \quad lg E = 1,5847355\, n \quad ; \quad lg F = 1,8919744\, n \quad ;$$

$$lg G' = 9.7569608 \quad ; \quad lg G^{\circ} = 9.6434153.$$

On obtient ensuite par (48), (49), (51), (54) :

$$lg M = 9.5759965 \; ; \; lg \mu' = 0.3174464 \quad ; \quad lg \mu^{\circ} = 0.4817232 \quad ; \quad lg \mu = 1,8452829;$$

$$\psi = 42°.25'.5'',960 \qquad ; \qquad \phi = 41°.17'.6'',588.$$

Ces calculs préliminaires étant effectués, on calcule θ^o et θ' par les équations (I)° et (I)'; l'on trouve $lg\theta^o=9.3134303$; $lg\theta'=9.2343285$ et, prenant pour l'approximation préliminaire :

$tg^2\zeta=\frac{\theta'}{\theta^o}$ et $m=\frac{\theta^o\theta'}{2}$, on trouve $\zeta=42^o.23'.40'',76$; $lgm=8,2467288$.

On déduit de là :

$$lg.m^o=9.7367224 \quad ; \quad lg.m'=9.6576206 ,$$

et par (52) :

$$lg.k=0.1296106\,n \quad ; \quad lg.mh=0.1311313\,n.$$

On obtient ensuite par les équations (65), (66) :

$$lg.l=0.3527423\,n \quad ; \quad \beta=-13^o.40'.6'',02 \quad ; \quad lg.\alpha=9.4002359.$$

Ces valeurs substituées dans l'équation (68) donnent :

$C=14^o.35'.6'',30$, d'où par (64) : $lg.r=0.3251225$.

Avec cette valeur de r on trouve : $v^o=3^o.50'.9'',298$; $v'=3^o.11'.49'',854$, d'où par les formules de l'article 27 :

$$lg.tg^2\zeta=9.9209973 \quad ; \quad lg.m=8.2474098$$

que l'on prend pour base de la

Première approximation.

On trouve :

$\zeta=42^o.23'.52'',47$; $lg.m^o=9.7366774$; $lg.m'=9.6576747$;
$lg.k=0.308836n$; $lg.mh=0.1317899n$.

On obtient avec ces valeurs par (65), (66) et (68) :

$lg.l=0.3534834n$; $\beta=-13^o.38'.40'',50$; $lg.\alpha=9.4003184$; $C=14^o.33'.12'',171$, d'où l'on déduit :

$$lg.r=0.3260471 \quad ; \quad lg.\rho=0.0825214.$$

On trouve ensuite par les équations (57), en faisant :

$$-lg(1-e)=lg(1+\frac{m}{r^3})=9.9991934 ,$$

$$lg.\rho'=0.1015340 \quad ; \quad lg.\rho^o=0.0683344.$$

Les équations $(59)^0$ et $(59)'$ donnent avec ces valeurs :

$A^0-\alpha^0 = 9^\circ.33'.14'',988$; $\beta^0 = -2^\circ.43'.31'',061$; $lg.r^0 = 0.3308064$;

$A'-\alpha' = 23^\circ.56'.18'',503$; $\beta' = -4^\circ.22'.54'',804$; $lg.r' = 0.3222944$.

On trouve avec ces valeurs par les équations (60) :

$$^1/_2(\gamma'+\gamma^0) = 102^\circ.36'.24'',813 \quad ; \quad ^1/_2(\gamma'-\gamma^0) = -0^\circ.13'.48'',028;$$

$$^1/_2(v'+v^0) = 3^\circ.47'.45''.780 \; ,$$

et par (61) :

$$v^0 = 4^\circ.5'.49'',265 \quad ; \quad v' = 3^\circ.28'.56'',515.$$

Comme les observations n'ont pas été corrigées de l'aberration, on calcule la correction à retrancher les dates des observations, et l'on trouve pour chacune d'elles respectivement :

$$-0^j.0067440 \quad ; \quad -0^j.0069679 \quad ; \quad -0^j,0072797.$$

Et pour les dates elles-mêmes :

Octobre : 5,45190000 ; 17,4149171 ; 27,3857973

On trouve avec ces nouvelles dates :

$$lg.6^0 = 9.3134222 \quad ; \quad lg.6' = 9.2343150 \; ,$$

d'où :

$$\nu^0 = 3^\circ.49'.25'',016 \quad ; \quad \nu' = 3^\circ.11'.12'',802.$$

Par les équations $(III)^0$ et $(III)'$, on trouve : $\omega^0 = -0^\circ.18'50'',166$;
$\omega' = -0^\circ.14'.51'',140$,

et avec ces valeurs par $(VII)^0$ et $(VII)'$: $u^0 = 3^\circ.48'.9'',566$;
$u' = 3^\circ.12'.2'',382$,

et par les éq. (V), $(VI)^0$, $(V)'$ et $(VI)'$: $lg.q_0 = 0.0347000$; $lg.\sigma_0 = 9.2027978n$:
$lg.q_1 = 0.0347142$; $lg.\sigma_1 = 9.2031053n$.

Ces valeurs donnent :

$$lg\,\frac{q_0}{q_1} = -0.0000142 \quad ; \quad lg\,\frac{\sigma_0}{\sigma_1} = -0.0003075.$$

Ce qui montre que la solution est déjà très-voisine de l'exactitude. Pour ne pas

se borner à cette première approximation, on calcule η^0 et η' par $(VIII)^0_2$ et $(VIII)'_2$, et l'on trouve :

$$lg.\eta^0=0.0003171 \quad ; \quad lg.\eta'=0.0002269 .$$

d'où par les équations (IX) et (X) :

$$lg.tg^2\zeta=9.9209830 \quad ; \quad lg.m=8.2465859,$$

valeurs qui serviront de point de départ pour la

Seconde approximation.

En suivant, pour cette approximation, la même marche que pour la première, on trouvera : $\zeta=42^o.23'.50'',79$;

$lg.m^0=9.7366839$; $lg.m'=9.6576669$; $lg.h=1,8843834n$; $lg.k=0.1307011n$:

$$\beta=-13^o.38'.52'',756 \quad ; \quad lg.\varpi=9.4010327 ,$$

et l'équation (68) donnera avec ces valeurs :

$$C-\beta=0^o.54'.28'',517 \quad ; \quad lg.\rho=0.0823879 \quad ;$$

$$C=14^o.33.21,273 \quad ; \quad lg.r=0.3259733 \quad ;$$

$$C+T=162^o.13.56'',338.$$

Les équations (57) donneront :

$$lg.\rho^0=0.0682302 \quad ; \quad lg.\rho'=0.1013842.$$

Avec ces valeurs les équations $(59)^o$ et $(59)'$ donneront :

$A^0-\alpha^0=9^o.33'.11''.243$; $\beta^0=-2^o.43'.30'',000$; $lgr^o=0.3307491$;

$A'-\alpha'=23^o\ 56'.4'',824$; $\beta'=-4^o.22'.52'',457$; $lgr'=0.3222091$.

$$\tfrac{1}{2}(\gamma'+\gamma^0)=102^o.35'.56''.603 \quad ;$$

$$\tfrac{1}{2}(\gamma'-\gamma^0)=-0^o.13'.48''.227.$$

On trouve ensuite par les équations (60) et (61) :

$v'+v^o=7^o.34'.55'',110$; $v^o=4^o.5'.54'',092$; $v'=3^o.29'.1'',018$.

De là, par les équations (III)° et (III)', (VII)° et (VII)', (V)° et (V)' et (VI)° et (VI)' :

$$\omega^0 = -0°.18'.54'',085 \quad ; \quad \omega' = -0°.14'.53'',872 \ ;$$

$$u^0 = 3°.48'.12'',790 \quad ; \quad u' = 3°.12'.5''470 \ ;$$

$$lg.q_0 = 0.0347479 \quad ; \quad lg.q_1 = 0.0347480 \ ;$$

$$lg.\sigma_0 = 9.2042227n \quad ; \quad lg.\sigma_1 = 9.2042996n.$$

Ces valeurs donnent :

$$lg\,\frac{q_0}{q_1} = -0.0000001 \quad ; \quad lg\,\frac{\sigma_0}{\sigma_1} = -0,0000769 \ ,$$

valeurs beaucoup plus exactes que les précédentes, et d'où l'on pourrait déduire des éléments qui représenteraient les observations d'une manière suffisamment précise. Si l'on veut une plus grande exactitude encore, on calculera avec ces valeurs η^0 et η', et les équations $(VIII)^0_2$ et $(VIII)'_2$ donneront :

$$lg.\eta^0 = 0.0003174 \quad ; \quad lg.\eta' = 0.0002270 \ ,$$

valeurs qui donneront :

$$lg.tg^2\zeta = 9.9209832 \quad ; \quad lg.m = 8.2465811$$

que l'on prendra pour base d'une

Troisième approximation.

En suivant dans ce calcul la même marche que dans les deux précédents, on trouvera successivement :

$\zeta = 42°.23,.50'',804$; $lg.m^0 = 9.7366838$; $lg.m' = 9.6576670$;

$lg.h = 1.8843833\,n$; $lg.k = 0.1307026n$; $lg.l = 0.3533780$; $\beta = -13°.38'52'',647$;

$C - \beta = 0°.54'.28'',424$; $C = 14°.33'21'',071$; $C + T = 162°.13'.56'',136$;

$lg.r = 0.3259749$; $lg.\rho = 0.0823908$; $lg.\rho^0 = 0.0682328$; $lg.\rho' = 0.1013874$;

$A^0 - \alpha^0 = 9°.33'.11'',251$; $\beta^0 = -2°,43'.30'',005$; $lg.r^0 = 0.3307515$;

$A' - \alpha' = 23°.56'.5'',123$; $\beta' = -4°.22'.52'',507$; $lg.r' = 0.3222109$;

$\frac{1}{2}(\gamma'+\gamma^0)=102^\circ.35',59'',727$; $\frac{1}{2}(\gamma'-\gamma^0)=-0^\circ.13'.48'',220$;

$v'+v^0=7^\circ.34'.54'',909$; $v'=4^\circ.5'.53'',973$; $v^0=3^\circ.29'0''936$;

$\omega^0=-0^\circ.18'.54'',275$; $\omega'=-0^\circ.14'.53'',824$;

$u^0=3^\circ.48'.12'',701$; $u'=3^\circ.12'.5'',402$

$lg.q_0=0.0347476$; $lg.q_1=0.0347476$;

$lg.\sigma_0=9.2043010n$; $lg.\sigma_1=9.2042788n$.

D'où l'on tire :

$$lg\,\frac{q_0}{q_1}=0.0000000 \quad ; \quad lg\,\frac{\sigma^0}{\sigma_1}=+0.0000222.$$

Les valeurs vérifient les équations avec toute la rigueur qu'on peut obtenir par l'emploi des tables à sept décimales. On peut voir en effet que l'erreur sur $\frac{\sigma_0}{\sigma_1}$ a changé de signe, quoique les déterminations relatives à cette troisième approximation diffèrent à peine de celles de la seconde. Si l'on calculait η^0 et η', on trouverait des valeurs identiques à celles de la précédente hypothèse, savoir :

$$lg.\eta^0=0.0003174 \quad ; \quad lg.\eta'=0.0002270.$$

On doit donc s'en tenir à ce résultat et procéder au calcul des éléments, en faisant :

$$lg.q=0.0347476 \quad ; \quad lg.\sigma=9.2042899n.$$

Nous calculerons d'abord la longitude du nœud et l'inclinaison de l'orbite par les équations $(72)^0$ et $(72)'$. Nous avons trouvé :

$\frac{1}{2}(\gamma'+\gamma^0)=102^\circ.35'.59'',727$ | d'où | $\gamma'=102^\circ.22'.11'',507$;

$\frac{1}{2}(\gamma'-\gamma^0)=-0^\circ.13'.48'',220$ | | $\gamma^0=102^\circ.49'.47'',947$.

$\frac{1}{2}(90-\gamma')=-6^\circ.11'.5'',7535$ on a d'ailleurs : $\frac{1}{2}\beta'=-2^\circ.11'.26'',2535$:

$\frac{1}{2}(90-\gamma^0)=-6^\circ.24.53.9735$ $\frac{1}{2}\beta^0=-1^\circ.21'.45''.0025$.

Les équations $(72)^0$ donnent :

$\frac{1}{2}i=6^\circ.33'.20'',571$; $w^0=192^\circ.5'.51'',88$; $\alpha^0-\Omega=191^\circ.47'.28'',70$

Les équations (72)' :

$^1/_2\, i = 6°.33'.20'',571$; $\pi' = 199°.40'.46'',79$; $\alpha' - \Omega = 199°.12'.16'',72$.

On déduit de ces résultats et des valeurs de $\alpha°$ et α' :

$\Omega = 171°.7'.47'',81$; $\Omega = 171.°.7'.47'',81$; $i = 13°.6'.41'',14$.

Les équations (77) donneront ensuite :

$$lg.\sin\varepsilon = 9.3730588 \quad ; \quad lg.p = 0.3954701.$$

Avec ces valeurs la première équation (73) donne :

$$g = 3°8'.3'',73.$$

Et, après quelques essais, on trouve pour valeur exacte de g par l'équation (75) :

$$g = 3°,8'.4''.5528.$$

Avec cette valeur les équations (78) donnent :

$^1/_2(F-G) = -4°.38'.42'',019$; $^1/_2\,\varepsilon = 7°.6'.1'',189$;

$^1/_2(F+G) = 319°.21'.34'',695$; $lg.a = 0.4224262$.

On déduit de là :

$$V' = 318°.30'.20'',130 \quad ; \quad V° = 310°.55'.25'',222.$$

Et par (79) : $\Pi = 52°.18'.14'',470$ ou $\Pi = 52°.18'.14'',468$.

L'équation (80) fournit ensuite pour le mouvement moyen diurne :

$$lg\left(\frac{\sqrt{\mu}}{\sqrt{a^3}}\right) = 2.9163674 = lg.824'',83565.$$

L'anomalie moyenne pour l'époque qui répond au temps moyen entre les deux observations extrêmes, savoir : 1804, Octobre : 16,4188486, est par :

$$G - \sin\varepsilon \sin G.\sin g,$$

égale à : $332°.15'.11'',180$.

Pour transporter l'époque au commencement de 1805, il faut ajouter à cette anomalie le mouvement moyen pour $75^j,5811514$ ou $17°.19'.2'',029$, et l'on obtient $349°.34'.13'',209$, en y ajoutant la longitude du périhélie, on trouve que la longitude moyenne pour 1805. $0. = 41°.52'.27''.677$.

En récapitulant ces résultats, on obtient pour les éléments de l'orbite de Junon :

Longitude moyenne de l'époque 1805. 0.	41°.52'.27",68.
Longitude du périhélie	52°.18'. 14", 47.
Longitude du nœud ascendant......	171°. 7'. 47",81.
Inclinaison......................	13°. 6'.41",14.
Mouvement moyen diurne..........	824",83565.
Log. demi-grand axe..............	0,4224262.
Angle de l'excentricité............	14°.12'.2",378.

Pour juger de la précision de ces éléments, il faut calculer le lieu de l'astre à l'époque de l'observation moyenne.

On trouve : anomalie moyenne........	332°.28'.52",773 ;
» excentrique......	324°.16'.26",658 ;
» vraie	315°. 1'.19",226 ;
» log. rayon vecteur........	0,3259750.
On aurait dû trouver pour l'anomalie vraie	315°.1'.19",195 ;
log. rayon vecteur	0,3259749.

Les différences de 0".031 sur l'anomalie et d'une unité du septième ordre sur le log. du rayon vecteur doivent être considérées comme insensibles et inévitables avec l'emploi des logarithmes à sept décimales.

TABLE.



MÉMOIRE

SUR

QUELQUES PROPOSITIONS

DU

CALCUL DES RÉSIDUS,

Par G. Oltramare,

PROFESSEUR DE MATHÉMATIQUES A L'ACADÉMIE DE GENÈVE,
MEMBRE DE L'INSTITUT GENEVOIS.

Mémoire lu à la Section des Sciences Naturelles et Mathématiques de l'Institut National Genevois,
le 26 Janvier 1855.

Imprimerie de VANEY, Croix-d'Or, 24, à GENÈVE.

MÉMOIRE

SUR

QUELQUES PROPOSITIONS

DU CALCUL DES RÉSIDUS,

---

§ 1.

Soit z une variable quelconque réelle ou imaginaire, et désignons par $\varphi(z)$ une fonction uniforme de cette variable, c'est-à-dire telle qu'à chaque valeur de z réponde une seule valeur de $\varphi(z)$; représentons cette dernière fonction par u, et posons :

$$\varphi(z) = u. \qquad (1)$$

Concevons maintenant que, par un procédé quelconque, on résolve cette équation, et qu'on en déduise la ou les valeurs de z en fonction de u, et soit :

$$z = \varphi_1(u).$$

l'une quelconque de ces valeurs; dans la fonction de u donnée par le second membre de cette équation, au lieu de u, mettons z, nous aurons :

$$\varphi_1(z).$$

Cette dernière fonction de z dérive immédiatement de la fonction proposée et pour chaque fonction $\varphi(z)$ donnée, nous pouvons concevoir, sans qu'il soit même possible de la déterminer, une fonction qui lui corresponde, déduite de la fonction proposée de la manière que nous venons d'indiquer ; nous désignerons cette der-

nière fonction sous le nom de *fonction inverse* de la fonction proposée, et nous représenterons constamment une fonction inverse en primant en bas le caractéristique de la fonction.

Si l'équation (1) n'admet qu'une racine; à la fonction proposée $\phi(z)$, il ne répondra qu'une seule fonction inverse, mais si l'équation (1) admet plusieurs racines, à chacune des racines répondra une fonction inverse, et nous aurons autant de fonctions inverses que cette équation admettra de racines.

Si $\phi(z)$ est une fonction multiforme de z, c'est-à-dire si à chaque valeur de z répondent plusieurs valeurs de la fonction $\phi(z)$, nous pourrons considérer deux genres de fonctions inverses répondant à cette même fonction.

Pour calculer les *fonctions inverses de première espèce*, nous prendrons l'une quelconque des valeurs des $\phi(z)$, (il est indifférent de prendre l'une plutôt que l'autre) ce sera une fonction uniforme, nous en calculerons, comme nous venons de l'indiquer, la ou les fonctions inverses, et la somme de toutes ces dernières fonctions pourra être écrite comme suit :

$$\Sigma\phi_1(z).$$

Supposons, en second lieu, que nous fassions la somme de toutes les valeurs de la fonction multiforme $\phi(z)$, somme que nous pourrons représenter par :

$$\Sigma\phi(z).$$

Cette fonction nouvelle est une fonction uniforme, nous pourrons, par conséquent, en calculer la ou les fonctions inverses; nous obtiendrons ainsi un second genre de fonctions inverses généralement différentes et en nombre différent des premières que nous venons de considérer, et si nous voulons en exprimer la somme, nous pourrons le faire par la notation :

$$\Sigma\overline{\phi_1(z)}.$$

Nous désignerons ces dernières fonctions sous le nom de *fonctions inverses de seconde espèce*.

§ 2.

Pour démontrer les théorèmes que nous avons en vue, nous rappellerons la

formule suivante (*), donnée par Mr Cauchy, pour opérer le changement de variable indépendante dans le calcul des résidus :

$$\mathcal{E}\,((\varphi(z))) = \frac{1}{m}\,\mathcal{E}\,((\varphi[\psi(t)]))\psi'(t) \qquad (1)$$

dans laquelle la variable z est reliée à la variable t par la relation :

$$z = \psi\,(t) \qquad (2)$$

m désignant le nombre des valeurs de t, qui répondent à une valeur de z dans cette dernière équation, et $\psi'\,(t)$ représentant le coefficient différentiel de la fonction $\psi\,(t)$ par rapport à t, c'est-à-dire $\frac{d\psi(t)}{dt}$.

Cela posé, il est facile de voir que l'équation (2) donne :

$$t = \psi_1\,(z)$$

et qu'en posant :

$$\varphi\,[\psi\,(t)] = F\,(t)\,,$$

nous obtenons :

$$\varphi\,(z) = F\,(\psi_1\,(z)),$$

ce qui nous permet d'écrire l'équation (1) sous la forme :

$$\mathcal{E}\,((F(t)))\,\psi'\,(t) = m\,\mathcal{E}\,((F(\psi_1(t))))\,,$$

m désignant le nombre des valeurs de la fonction $\psi_1\,(t)$, qui répondent à une valeur de t.

Si nous admettons que F (t) soit une fonction uniforme de t, nous pourrons écrire :

$$m\,\mathcal{E}\,((F(\psi_1(t)))) = \mathcal{E}\,((\Sigma F(\psi_1(t)))$$

et par suite la relation précédente pourra se mettre sous la forme :

$$\mathcal{E}\,((F(t)))\psi'(t) = \mathcal{E}\,((\Sigma F(\psi_1(t))) \qquad (3)$$

Si $\psi\,(t)$ est une fonction multiforme de t, on pourra dans cette équation substi-

(*) Nous devons faire remarquer qu'il s'est glissé une erreur typographique dans la formule de M. Cauchy (voyez : *Exercices de mathématiques*, tom. I, page 274 (48)), il faut la lire comme la formule (1) citée ci-dessus.

tuer à $\psi(t)$ la somme de toutes ses valeurs $\Sigma\psi(t)$ et, à la place de $\psi_1(t)$, nous pourrons mettre successivement $\psi_1(t)$ et $\overline{\psi_1(t)}$; nous aurons ainsi les deux équations :

$$\mathcal{E}\,((\mathrm{F}(t)))\,\Sigma\psi'(t) = \mathcal{E}\,((\Sigma\mathrm{F}(\psi_1(t))))$$
$$\mathcal{E}\,((\mathrm{F}(t)))\,\Sigma\psi'(t) = \mathcal{E}\,((\Sigma\mathrm{F}(\overline{\psi_1(t)})))$$

qui établissent la relation.

$$\mathcal{E}((\mathrm{F}(t)))\Sigma\psi'(t) = \mathcal{E}\,((\Sigma\mathrm{F}(\psi_1(t)))) = \mathcal{E}\,((\Sigma\mathrm{F}(\overline{\psi_1(t)}))) \qquad (A)$$

Cette formule nous a paru l'une des plus générales et des plus remarquables du du calcul des résidus ; nous allons en déduire un théorème qui est de nature à attirer l'attention des géomètres.

§ 3.

Si nous supposons que dans l'équation (A) du § précédent nous posions :

$$\mathrm{F}(t) = \frac{a+bt}{a'+b't}$$

nous aurons :

$$\mathcal{E}\,\frac{(a+bt)\,\Sigma\psi'(t)}{((a'+b't))} = \mathcal{E}\left(\left(\Sigma\,\frac{a+b\psi_1(t)}{a'+b'\psi_1(t)}\right)\right)$$

effectuant l'extraction du résidu du premier membre, nous obtenons :

$$\frac{ab'-ba'}{b'^2}\,\Sigma\psi'\left(-\frac{a'}{b'}\right) = \mathcal{E}\left(\left(\Sigma\,\frac{a+b\psi_1(t)}{a'+b'\psi_1(t)}\right)\right) \qquad (1)$$

et faisant dans cette relation :

$$a = 0 \quad ; \quad a' = 1 \quad ; \quad b = 1 \quad ; \quad b' = -v$$

en remarquant que, si $\psi(t)$ est une fonction de t qui conserve une valeur finie pour des valeurs infinies réelles ou imaginaires de sa variable, on a, en réduisant le résidu intégral à sa valeur principale :

$$\mathcal{E}\,((\Sigma\psi(t))) = \left[\frac{d.\ \psi\left(\frac{1}{v}\right)}{dv}\right]^{v=0}$$

nous obtiendrons :

$$\mathcal{E}((\Sigma\psi(t))) = \mathcal{E}((\Sigma\psi_1(t)))$$

On aura de même, à l'aide de l'équation (A), en considérant $\Sigma\psi(t)$ comme une fonction uniforme dont $\overline{\psi_1(t)}$ est la fonction inverse :

$$\mathcal{E}((\Sigma\psi(t))) = \mathcal{E}((\Sigma\overline{\psi_1(t)}))$$

et par conséquent :

$$\mathcal{E}((\Sigma\psi(t))) = \mathcal{E}((\Sigma\psi_1(t))) = \mathcal{E}((\Sigma\overline{\psi_1(t)})) \qquad (2)$$

La proposition très-remarquable que comprend cette relation, peut s'énoncer de la manière suivante :

THÉORÈME.— *Si $\psi(t)$ est une fonction de t qui, pour des valeurs infinies réelles ou imaginaires de sa variable, conserve une valeur finie, le résidu intégral de la somme des valeurs de cette fonction, réduit à sa valeur principale, sera égal au résidu intégral de la somme des valeurs de sa fonction inverse, soit de première, soit de seconde espèce, pourvu que ces derniers résidus soient également réduits à leur valeur principale.*

Pour vérifier la relation donnée par ce théorème, considérons la fonction suivante :

$$\psi(t) = \frac{a\sqrt{t} + b}{a'\sqrt{t} + b'}$$

nous aurons :

$$\mathcal{E}((\Sigma\psi(t))) = \mathcal{E}\left(\left(\frac{2(bb'-aa't)}{b'^2-a'^2t}\right)\right) = 2\left(\frac{b'}{a'}\right)\frac{ab'-ba'}{a'^2}$$

$$\mathcal{E}((\Sigma\psi_1(t))) = \mathcal{E}\left(\left(\frac{(b't-b)^2}{(a-a't)^2}\right)\right) = 2\left(\frac{b'}{a'}\right)\frac{ab'-ba'}{a'^2}$$

$$\mathcal{E}((\Sigma\overline{\psi_1(t)})) = \mathcal{E}\left(\left(\frac{b'^2t-2bb'}{a'^2t-2aa'}\right)\right) = 2\left(\frac{b'}{a'}\right)\frac{ab'-ba'}{a'^2}$$

Nous montrerons dans un prochain mémoire l'usage que l'on peut faire de la formule (A) et du théorème précédent soit pour la détermination de la valeur d'un

grand nombre de séries, soit encore pour obtenir leur transformation en intégrales définies. Nous terminerons cette note par l'application suivante du calcul des résidus à la sommation de certaines suites.

§ 4.

Soit F (t) une fonction de la variable t que nous supposerons égale à la somme de plusieurs fonctions $\mu(t)$, $\nu(t)$, $\xi(t)$,.... de telle sorte que nous ayons :

$$F(t) = \mu(t) + \nu(t) + \xi(t) + \ldots$$

en multipliant cette identité par $\varphi(t)$ et en prenant le résidu intégral des deux membres, nous aurons :

$$\mathcal{E}((F(t)))\varphi(t) = \mathcal{E}((\mu(t)))\varphi(t) + \mathcal{E}((\nu(t)))\varphi(t)\ldots \qquad (1)$$

en remarquant que :

$$\mathcal{E}((F(t)\varphi(t))) = \mathcal{E}((F(t)))\varphi(t) + \mathcal{E}((\varphi(t)))F(t)$$

$$\mathcal{E}((\mu(t)\varphi(t))) = \mathcal{E}((\mu(t)))\varphi(t) + \mathcal{E}((\varphi(t)))\mu(t)$$

$$\mathcal{E}((\nu(t)\varphi(t))) = \mathcal{E}((\nu(t)))\varphi(t) + \mathcal{E}((\varphi(t)))\nu(t)$$

. . . .

Si nous supposons que la fonction F(t) conserve une valeur finie pour des valeurs infinies réelles ou imaginaires de la variable t, nous pourrons poser :

$$F(t-a) = F_0 + \frac{F_1}{t-a} + \frac{F_2}{(t-a)^2} + \ldots$$

et écrire la relation (1) sous la forme :

$$\mathcal{E}((F(t-a)))\varphi(t) = F_1\,\mathcal{E}\frac{\varphi(t)}{((t-a))} + F_2\,\mathcal{E}\frac{\varphi(t)}{((t-a)^2)} + \ldots$$

en effectuant l'extraction des résidus du second membre, nous obtiendrons :

$$\mathcal{E}((F(t-a)))\varphi(t) = F_1\varphi(a) + F_2\frac{\varphi'(a)}{1} + F_3\frac{\varphi''(a)}{1.2} - \ldots \qquad (2)$$

formule qui peut être employée à la détermination de plusieurs relations importantes.

§ 5.

En supposant dans la formule précédente $a = 0$, nous avons :

$$\mathcal{E}\,((\mathrm{F}(t)))\,\varphi(t) = \mathrm{F}_1\varphi(0) + \mathrm{F}_2\frac{\varphi'(0)}{1} + \mathrm{F}_3\frac{\varphi''(0)}{1.2} + \dots$$

Si maintenant on considère les deux séries :

$$\mathrm{F}(t) = \mathrm{A} + \frac{\mathrm{B}}{t} + \frac{\mathrm{C}}{t^2} + \dots.$$

$$\varphi(t) = \mathrm{A}' + \mathrm{B}'(t) + \mathrm{C}'t^2 + \dots.$$

nous aurons, en vertu de la formule précédente :

$$\mathcal{E}\left(\left(\frac{\mathrm{F}(t)}{t}\right)\right)\varphi(t) = \mathrm{AA}' + \mathrm{BB}' + \mathrm{CC}' + \dots$$

et en admettant :

$$\mathrm{F}(t) = \psi\left(a + \frac{1}{t}\right) = \psi(a) + \frac{\psi'(a)}{1}\frac{1}{t} + \frac{\psi''(a)}{1.2}\,t^2 + \dots$$

$$\varphi(t) = \psi(a+t) = \psi(a) + \frac{\psi'(a)}{1}\,t + \frac{\psi''(a)}{1.2}\,t^2 + \dots$$

nous obtiendrons :

$$(\psi(a))^2 + \left(\frac{\psi'(a)}{1}\right)^2 + \left(\frac{\psi''(a)}{1.2}\right)^2 + \dots = \mathcal{E}\left(\left(\frac{\psi\left(a+\frac{1}{t}\right)}{t}\right)\right)\psi(a+t)$$

pour donner un exemple de cette formule, prenons :

$$\psi\left(a + \frac{1}{t}\right) = \left(1 + \frac{1}{t}\right)^n$$

nous aurons :

$$1 + n^2 + \left(\frac{n(n-1)}{1.2}\right)^2 + \left(\frac{n(n-1)(n-2)}{1.2.3}\right)^2 + \dots = \mathcal{E}\left(\left(\frac{(1+t)^{2n}}{t^{n+1}}\right)\right) = \frac{(n+1)\dots 2n}{1.2\dots.n} \quad (1)$$

§ 6.

Si nous faisons dans cette dernière formule $1.2.3\ldots(n-1) = \Gamma(n)$ et $n = \frac{1}{m}$, nous aurons, à l'aide de la formule connue :

$$\Gamma(n+1) = n\Gamma(n)$$

la relation :

$$\frac{\Gamma(\frac{1}{m})\Gamma(\frac{1}{m})}{m\Gamma(\frac{2}{m})} = \frac{2}{1+\frac{1}{m^2}+\frac{1}{m^2}\left(\frac{m-1}{2m}\right)^2+\frac{1}{m^2}\left(\frac{m-1}{2m}\right)^2\left(\frac{2m-1}{3m}\right)^2+\ldots\ldots} \qquad (1)$$

comme, d'ailleurs, on sait que :

$$\int_0^1 \frac{dx}{\sqrt[m]{(1-x^m)^{m-1}}} = 2^{1-\frac{2}{m}} \int_0^1 \frac{dx}{\sqrt{1-x^m}} = \frac{\Gamma(\frac{1}{m})\Gamma(\frac{1}{m})}{m\Gamma(\frac{2}{m})}$$

(Voyez : LEGENDRE. *Théorie des fonctions analytiques,* Tome II, pag. 375 et 409), il en résultera :

$$\int_0^1 \frac{dx}{\sqrt[m]{(1-x^m)^{m-1}}} = 2^{1-\frac{2}{m}} \int_0^1 \frac{dx}{\sqrt{1-x^m}}$$

$$= \frac{2}{1+\frac{1}{m^2}+\frac{1}{m^2}\left(\frac{m-1}{2m}\right)^2+\frac{1}{m^2}\left(\frac{m-1}{2m}\right)^2\left(\frac{2m-1}{3m}\right)^2+\ldots\ldots} \qquad (2)$$

en supposant $m = \frac{1}{n}$, nous aurons :

$$\int_0^1 (1-\sqrt[n]{x})^{n-1}dx = 2^{1-2n}\int_0^1 \frac{dx}{\sqrt{1-\sqrt[n]{x}}} = 2\,\frac{1.2.3\ldots n}{(n+1)\ldots.2n}$$

relation qui conduit aux suivantes :

$$\int_0^1 \frac{dx}{\sqrt{1-\sqrt[n]{x}}} = \frac{1.2.3\ldots n.2^{2n}}{(n+1)\ldots\ldots 2n} \quad (3)$$

$$1 - \frac{n-1}{1}\cdot\frac{n}{n+1} + \frac{n-1}{1}\cdot\frac{n-2}{2}\frac{n}{n+2} - \frac{n-1}{1}\frac{n-2}{2}\frac{n-3}{3} + \ldots = 2\,\frac{1.2.3\ldots n}{(n+1)\ldots 2n} \quad (4)$$

§ 7.

En supposant dans la formule (2) du § 4,

$$F(t) = \frac{1}{\cos\frac{1}{t}}$$

nous aurons pour déterminer les coefficients F_0, F_1, F_2, ... l'identité :

$$\frac{1}{1 - \frac{1}{1.2t^2} + \frac{1}{1.2.3\ 4t^4} - \ldots} = F_0 + \frac{F_1}{t} + \frac{F_2}{t^2} + \ldots.$$

effectuant la multiplication et égalant entr'eux les coefficients des différentes puissances de $\frac{1}{t}$, nous obtenons les relations :

$$\left.\begin{array}{ll} F_0 = 1 & F_1 = 0 \\ F_2 = \frac{F_0}{1.2} & F_3 = 0 \\ F_4 = \frac{F_2}{1.2} - \frac{F_0}{1.2.3.4} & F_5 = 0 \\ F_6 = \frac{F_4}{1.2} - \frac{F_2}{1.2.3.4} + \frac{F_0}{1.2.3.4.5.6} & F_7 = 0 \\ \ldots\ldots & \ldots\ldots \end{array}\right\} \quad (1)$$

dont la loi de formation est évidente.

D'un autre côté, en effectuant l'extraction des résidus, nous obtenons :

$$\mathcal{E} \frac{\Phi(t)}{\left(\left(\cos\frac{1}{t-a}\right)\right)} = \frac{4}{\pi^2} \sum_{n=-\infty}^{n=\infty} (-1)^n \frac{\Phi\left(a+\frac{2}{(2n+1)\pi}\right)}{(2n+1)^2}$$

nous pouvons donc écrire :

$$\sum_{n=-\infty}^{n=\infty} (-1)^n \frac{\Phi\left(a+\frac{2}{(2n+1)\pi}\right)}{(2n+1)^2} = \frac{\pi^2}{4}\left\{ F_2 \Phi'(a) + F_4 \frac{\varphi'''(a)}{1.2.3} + \ldots \right\} \quad (2)$$

Si nous supposons comme cas particulier $\Phi(a) = a^m$, nous aurons :

$$\Phi^{(m)}(a) = 1.2.3\ldots(m-1)m$$

en supposant $a = 0$, après les différenciations, il en résultera en changeant les limites de Σ et en admettant que m soit un nombre impair :

$$\sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{(-1)^n}{(2n+1)^{m+1}} = \frac{1}{2}\left(\frac{\pi}{2}\right)^{m+1} F_{m+1} \quad (3)$$

On trouvera de même en posant :

$$F(t) = \frac{1}{\tang \frac{1}{t}}$$

les relations :

$$\left.\begin{array}{ll} F_0 = 0 & F_1 = 1 \\ F_2 = 0 & F_3 = \frac{F_1}{1.2} - \frac{1}{1.2.3} \\ F_4 = 0 & F_5 = \frac{F_3}{1.2} - \frac{F_1}{1.2.3} + \frac{1}{1.2.3.4.5} \\ \ldots\ldots & \ldots\ldots\ldots\ldots \end{array}\right\} \quad (4)$$

et par suite :

$$\sum_{n=-\infty}^{n=\infty} \frac{\Phi\left(a+\frac{2}{(2n+1)\pi}\right)}{(2n+1)^2} = \frac{\pi^2}{4}\left\{ F_1 \Phi(a) + F_3 \frac{\Phi''(a)}{1.2} + \ldots \right\} \quad (5)$$

et comme cas particulier :

$$\sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{1}{(2n+1)^{m+1}} = \frac{1}{2}\left(\frac{\pi}{2}\right)^{m+1} F_{m+1}. \tag{6}$$

Bien que l'on connaisse, depuis longtemps, que les séries données par les formules (3) et (6) soient susceptibles d'être sommées au moyen d'une certaine puissance de π, multipliée par un coefficient rationel ; le procédé que nous venons d'employer donne un moyen simple et facile de calculer ce coefficient.

DE LA

REPRODUCTION

CHEZ LES

TRÉMATODES ENDO-PARASITES

PAR

J.-J. MOULINIÉ

SECRÉTAIRE DE LA SECTION DES SCIENCES NATURELLES ET MATHÉMATIQUES
DE L'INSTITUT GENEVOIS.

PRÉFACE.

Bien que les Trématodes soient connus depuis longtemps, et aient été l'objet d'un grand nombre de travaux, la connaissance des faits relatifs à leur reproduction date de peu d'années et est encore, sur beaucoup de points de détail, peu avancée. Comme pour beaucoup d'autres animaux inférieurs, le développement des Trématodes Endo-parasites comprenant une suite de formes transitoires toutes dissemblables entre elles, trop indépendantes les unes des autres pour que leurs rapports réciproques de succession pussent être soupçonnés, et vivant dans des milieux trop différents et souvent trop éloignés pour que l'observation directe pût les suivre pas à pas et d'une manière continue, il a fallu un grand nombre d'observations partielles, portant tantôt sur un seul, tantôt sur deux états consécutifs, et saisissant ainsi le lien quelquefois très-fugitif qui les unit, pour pouvoir reconstruire, au moyen de tous ces fragments, l'ensemble assez complexe de l'édifice, et comprendre les rapports réciproques et l'enchaînement des différentes formes reconnues pour appartenir à la série du développement des Trématodes.

C'est à l'exposé, suivant leur ordre naturel de succession, de ces différents faits, par la nature même du sujet très-disséminés dans divers travaux partiels, dus pour la plupart aux recherches persévérantes et nombreuses des observateurs allemands, qu'est consacrée la première partie de ce Mémoire.

Ce Résumé est divisé en quatre chapitres, et terminé par une liste bibliographique des auteurs cités.

Quelques observations sur la formation de l'embryon dans l'œuf du *Dist. lanceolatum*, trouvaient naturellement leur place dans l'examen de l'état embryonnaire des Trématodes ; je leur ai consacré une partie du second chapitre. Tous les docu-

ments que j'ai pu rassembler sur les deux états subséquents du développement, sont traités dans les deux chapitres suivants : l'un, consacré à l'examen de la forme nourrice ; l'autre, à celui de la forme larvaire, de ses métamorphoses et des conditions dans lesquelles elle revient à l'état adulte, le point de départ, à l'exposé sommaire duquel est consacré le premier chapitre.

La deuxième partie du Mémoire contient la description détaillée de quelques formes se rattachant au développement des Trématodes, et encore non décrites.

Dans les planches qui se rapportent à la première partie, j'ai cherché autant que possible à donner des figures représentant tous les types décrits ; la plupart sont des reproductions au trait de toutes celles qui ont été données par les auteurs antérieurs, et dont plusieurs, déjà anciennes, laissent beaucoup à désirer sous le rapport des détails, mais sont cependant suffisantes pour représenter les types.

Depuis que ces planches ont été terminées, deux ouvrages récents, renfermant de fort belles figures, sont arrivés à ma connaissance, mais trop tard pour que je pusse en profiter : j'ai dû me borner à renvoyer, par des citations exactes, aux figures des Mémoires originaux.

Qu'il me soit permis, pour terminer, d'adresser mes sincères remerciements à M. C. Vogt, professeur à l'Académie de Genève, qui, avec son obligeance accoutumée, a constamment mis à ma disposition les matériaux de tous genres qui pouvaient m'être nécessaires pour l'exécution de ce travail, et dont les bons conseils m'ont été du plus grand secours. Je suis heureux de pouvoir ici publiquement lui en témoigner toute ma reconnaissance.

Genève, le 25 Février 1856.

RÉSUMÉ

DE

L'HISTOIRE DU DÉVELOPPEMENT

DES

TRÉMATODES ENDO-PARASITES.

PREMIÈRE PARTIE.

CHAPITRE PREMIER.

Des Trématodes en général.

I.

Les Trématodes, caractérisés par leur forme aplatie et la présence de ventouses ou organes de succion et de fixation, ont pendant longtemps fait partie de la classe des vers intestinaux, Entozoaires ou Helminthes, établie, comme l'indiquent les deux premiers noms, sur le seul caractère du parasitisme, et comprenant par conséquent tous les Vers habitant soit l'intérieur, soit l'extérieur d'autres animaux.

Cette association, basée sur le genre de vie, avait l'inconvénient de réunir des êtres d'organisation très-dissemblable, et dont plusieurs, ayant des analogues vivant dans un tout autre milieu, se trouvaient par ce seul fait éloignés de leurs affinités naturelles.

Les Trématodes forment maintenant, avec les Turbellariés et les Cestodes, une classe à part sous le nom de vers plats (Platyelmes).

Ils se distinguent des Cestodes, parasites comme eux, par leur forme, l'absence d'articulations, une organisation plus parfaite et leurs ventouses ; et des Turbellariés, avec lesquels ils ont certains rapports de forme et d'organisation, par l'ab-

sence de cils vibratils à la surface de la peau, par leur genre de vie parasite et par leurs ventouses.

Les Trématodes présentent encore quelques rapports plus éloignés avec certains Annélides (Hirudinés ou Discophores) comme eux pourvus de ventouses, et dont quelques formes (Branchiobdellides) vivent à l'extérieur d'autres animaux, mais qu'une organisation beaucoup plus parfaite place à un degré passablement plus élevé de l'échelle animale. C'est à cause de ces analogies dans la forme extérieure et le genre de vie, que les Trématodes ectoparasites ont été quelquefois classés parmi les Hirudinés (Annélides), comme l'avait fait de Blainville, qui formait son ordre des MYZOCÉPHALÉS, dans son type des Entomozoaires, de deux familles : — les *Monocotylaires* ou *Bdellaires* (Annélides) ; et les *Polycotylaires* (Trématodes endoparasites) ; — et, tout récemment encore, Diesing, qui comprend les mêmes divisions sous les noms de BDELLIDEA, distingués en *Monocotyles* et *Polycotyles*.

Maintenant, qu'une connaissance plus parfaite de l'organisation de ces différents groupes a démontré que les Polycotylaires, loin d'être des Annélides, présentent au contraire les plus grandes affinités avec les autres vers plats à ventouses, on les a réunis à ces derniers sous le nom collectif de Trématodes.

Les Trématodes sont donc des vers aplatis, non articulés, munis d'un ou plusieurs organes d'adhérence par succion ou ventouses, plus ou moins solidement conformées ; d'un appareil digestif en forme de tube divisé (simple dans un seul, l'Aspidogaster) en deux branches toujours terminées en cœcums, simples ou ramifiées (jamais d'anus); hermaphrodites et parasites internes ou externes d'autres animaux.

Ainsi circonscrit, l'ordre des Trématodes comprend plusieurs types secondaires bien nettement tranchés par certaines particularités dans leur genre de vie et leur organisation, et qu'il nous importe d'autant plus de distinguer ici, que, dans le cours de ce travail, nous n'aurons à nous occuper que d'un seul d'entre eux.

2.

Un premier groupe, qu'on peut aisément reconnaître dans l'ordre des Trématodes, et que, d'après le nom d'une des formes types qui le composent, on pourrait désigner sous le nom de POLYSTOMIDES, comprend les genres *Polystomum*, *Octobotryum*, *Axime*, *Diplozoon*, *Gyrodactyle* (?) et *Tristomum*.

Toutes les espèces de ces genres habitent les surfaces externes des animaux aquatiques seulement, particulièrement les branchies des poissons. Deux espèces seules du genre *Polystomum* ont un habitat un peu différent : l'une a été trouvée dans l'intérieur de la bouche d'une tortue d'eau douce ; l'autre, dans la vessie urinaire des grenouilles. — Jamais on ne trouve de Polystomides dans le tube digestif, ni dans l'intérieur des tissus d'autres animaux.

A ce genre de vie tout ecto-parasite, se rattache une grande complication dans la structure et le nombre des parties qui constituent leurs appareils de locomotion et de fixation. Des ventouses souvent très-nombreuses, soutenues par des pièces cornées et fréquemment accompagnées de crochets très-durs, leur fournissent des moyens d'adhérence puissants et capables de leur permettre de résister efficacement aux actions extérieures qui tendraient à les arracher de leur lieu de fixation, et auxquelles leur genre de vie doit fréquemment les exposer.

Leurs œufs sont généralement volumineux, peu nombreux, quelquefois munis de prolongements filiformes plus ou moins longs ou contournés en spirale. (Diplozoon.)

Le développement des Polystomides est encore très-peu connu. Une observation de M. Van Beneden sur le développement de l'*Udonella caligorum*, (observation consignée dans un Mémoire encore inédit de ce savant zoologiste, et que nous ne connaissons encore que par l'analyse qu'en donne M. de Quatrefages dans son rapport sur le Concours de l'Académie des Sciences de Paris pour 1853[1]) signale chez cette espèce un développement embryogénique tout-à-fait normal, c'est-à-dire que l'embryon acquiert sa forme définitive dans l'œuf et revient à la forme adulte sans subir de métamorphoses.

La confirmation de l'existence de ce mode de développement chez les autres Polystomides fournirait un caractère des plus importants pour la distinction de ce premier groupe, évidemment plus élevé en organisation que le suivant.

3.

Le second groupe, beaucoup plus considérable, que, par opposition au premier, on pourrait appeler celui des Distomides, comprend la presque totalité des Trématodes qui ne rentrent pas dans le type précédent, c'est-à-dire les genres *Amphis-*

[1] Ann. des Sc. Nat. 4e série, t. 1., p. 23 (1854).

tomum, *Monostomum*, *Holostomum*, *Hemistomum*, *Distomum*, *Gasterostomum*, et plusieurs genres établis par les auteurs sur des états larvaires et incomplets, et qui doivent rentrer dans les genres précédents ; ainsi le genre *Heterostomum*, dont les espèces sont évidemment des larves de Distomes, et celles du genre *Diplostomum*, probablement de jeunes Holostomes.

Les Trématodes de ce second groupe sont tous parasites internes des animaux vertébrés seulement, et n'habitent les invertébrés que passagèrement, pendant leur vie larvaire. Ils vivent principalement dans l'appareil digestif, à la surface des muqueuses des différentes parties du canal intestinal des animaux supérieurs, quelquefois dans les tubes biliaires du foie, ou dans les cavités de l'appareil respiratoire et de la tête.

Leur appareil locomoteur présente des modifications en rapport avec leur genre de vie, et n'est composé que de ventouses toujours en très-petit nombre, peu résistantes, d'une structure fort simple, et dont les variations de position et de nombre fournissent d'excellents caractères pour la distinction des différents genres qu'on peut établir dans ce groupe.

Le canal digestif des Distomides est toujours en forme de tube divisé en deux branches *simples* terminées en coecums. Elles ne sont exceptionnellement ramifiées que dans un très-petit nombre d'espèces, notamment le *Distomum hepaticum*. Le *Monostomum mutabile* présente une autre exception en ce que les deux branches de son intestin se réunissent postérieurement et forment un canal continu.

Les œufs des Distomides sont petits et nombreux ; les embryons qui en proviennent ne ressemblent aucunement à l'individu qui les a produits, et passent, avant de revenir à la forme adulte, par une série de transformations très-remarquables, à l'ensemble desquelles on a donné le nom de *génération alternante*, et dont nous aurons à nous occuper avec détails dans la suite de ce travail.

Ajoutons encore, comme différence entre les Distomides et les Polystomides, que les tissus du corps des premiers, en raison de leur séjour dans les liquides de l'intestin, sont mous et promptement décomposés par le contact de l'eau, laquelle détermine par conséquent rapidement la mort de l'animal ; tandis que les seconds

ont, au contraire, des téguments plus résistants et sur lesquels l'eau est sans action, puisqu'elle constitue en grande partie le milieu dans lequel les Trématodes ecto-parasites sont appelés à vivre.

4.

En divisant ainsi les Trématodes en deux sous-ordres bien caractérisés par des différences importantes dans l'appareil locomoteur, l'appareil digestif, le genre de vie et probablement le développement, nous laissons en dehors une forme très-singulière, qui n'est encore représentée que par une espèce, et que les auteurs sont unanimes à placer dans l'ordre des Trématodes, mais qui, ne rentrant complétement dans aucune des deux subdivisions que nous venons d'indiquer, doit nécessairement en constituer une troisième. Nous voulons parler de l'*Aspidogaster conchycola*, découvert et décrit pour la première fois par Baer, dans son beau Mémoire sur les Animaux inférieurs[1]. Cet animal, qui habite le péricarde, l'oreillette, quelquefois le foie et le rein des Anodontes et des Unios, est remarquable par la conformation toute particulière de son appareil locomoteur, qui consiste en un disque ventral, oblong, très-extensible, creusé de quatre rangées longitudinales de fossettes quadrangulaires, séparées par des plis transverses qui lui donnent un aspect treillissé, et au moyen duquel l'Aspidogaster rampe comme un Gastéropode, ou se fixe comme par une grande ventouse.

Son appareil digestif, très-différent de celui des autres Trématodes, consiste en une large bouche en entonnoir placée à son extrémité antérieure (qui est amincie en forme de cou cylindrique), suivie d'un pharynx musculeux, et d'un intestin simple (non bifurqué) terminé en coecum.

Hermaphrodite, comme tous les Trématodes, il produit des œufs dont le développement et l'éclosion ont lieu dans l'oviducte maternel, et desquels sortent des embryons qui acquièrent peu après leur forme définitive sans subir de transformations et sans changement de milieu.

En résumé, l'Aspidogaster s'éloigne de l'ensemble des Trématodes par la simplicité de son tube digestif et par la construction toute spéciale de son appareil

[1] Baer; Beiträge zur Kenntniss der Nieder Thiere (1826).
(Nov. Act. Acad. Leop. Carol., XIII. pars. I. p. 536, — tab. XXVIII.)

locomoteur ; par son développement, il se rapproche des Polystomides, et par tout le reste de son organisation et son genre de vie (sauf qu'il est parasite d'un invertébré), des Distomides, parmi lesquels il a presque toujours été placé.

5.

Le travail que j'entreprends ici ayant avant tout pour objet l'examen des phases du développement des Trématodes soumis à la *génération alternante,* on voit, par ce qui précède, que nous n'aurons à considérer que les Trématodes du deuxième groupe ou les Distomides. Nous laisserons donc de côté les Polystomides, chez lesquels aucune observation n'est venue jusqu'à présent démontrer un développement alternant ; et l'Aspidogaster, que son développement normal positivement constaté par Baer, Dujardin [1], et confirmé encore tout récemment par M. H. Aubert, de Breslau [2], dans une excellente monographie de cet animal, rend tout-à-fait étranger à notre sujet.

C'est donc à tort que Steenstrup [3] a voulu rattacher l'Aspidogaster à la série du développement du *Distoma duplicatum* (Baer), rapprochement sur lequel nous aurons à revenir avec détails, en traitant de l'histoire de cette dernière forme non moins remarquable. Constatons seulement ici que l'Aspidogaster, dont le développement suivi dans toutes ses phases n'a jamais présenté aucune des transformations qui caractérisent la *génération alternante,* ne peut être en aucune relation génésique avec d'autres formes larvaires et transitoires des Trématodes.

Avant d'aborder l'histoire du développement des Distomides, donnons quelques détails plus circonstanciés sur l'organisation, la distribution et la classification des diverses formes qui rentrent dans ce groupe, le seul dont nous ayons désormais à nous occuper.

6.

Les *Distomides* présentent quatre formes qui se distinguent par la position et le nombre de leurs ventouses, et depuis longtemps déjà ont été reconnues et éri-

[1] Hist. nat. des Helminthes (1845), p. 324.

[2] Ueber dass Wassergefässytem, etc., des Aspidogaster conchycola : dans Siebold's Zeitschrift für wiss. zoologie (1855), t. VI, p. 349.

[3] Ueber den Generationswechsel. (1842), p. 101.

gées par les zoologistes en genres qui, à part quelques subdivisions secondaires et quelques mutations d'un genre à l'autre d'espèces mal connues, sont encore généralement admis maintenant, et à peu de chose près, tels qu'ils ont été d'abord constitués.

Deux d'entre eux sont caractérisés par l'existence d'une seule ventouse, ce sont les genres *Amphistomum* et *Monostomum*, tous deux établis par Rudolphi.

Chez les *Amphistomum*, cette ventouse unique, imperforée, est située à l'extrémité postérieure, et chez les *Monostomum*, à l'extrémité antérieure du corps, où elle entoure l'orifice buccal.

Les deux autres genres ont deux ventouses, l'une antérieure buccale, l'autre abdominale. Les ventouses sont petites, peu accusées dans le genre *Holostomum*, établi par Nitzsch, aux dépens d'une partie des espèces du genre *Amphistomum* de Rudolphi, et remarquable par la forme de son corps, qui est divisé en deux parties distinctes, l'une antérieure, très-dilatée et membraneuse, pouvant jouer le rôle d'une large ventouse, l'autre postérieure, plus épaisse et presque cylindrique.

Dans le genre *Distomum*, (Retzius), on remarque, au contraire, deux ventouses très-distinctes, dont l'une antérieure buccale, l'autre située sur la face ventrale, plus ou moins éloignée de la précédente, mais ne dépassant pas le milieu de la longueur du corps.

Ces quatres genres, *Amphistomum*, *Monostomum*, *Holostomum* et *Distomum*, constituent les formes typiques des Trématodes du second groupe, dont tous les autres genres, introduits depuis par les classificateurs modernes, ne sont que des subdivisions secondaires ou des états incomplets. Ainsi, le genre *Hemistomum*, de Diesing, est un démembrement du genre *Holostomum*, et correspond à celui qu'avait déjà fait Nitzsch lui-même sous le nom de *Cryptostomum*, de son genre Holostomum.

Le genre *Echinostomum* a été adopté par plusieurs auteurs pour réunir un petit groupe de Distomes qui présentent à leur extrémité antérieure un élargissement bordé d'une double rangée d'épines, — et dont le corps est également recouvert de petites lamelles aigües.

Le genre *Diplodiscus* de Diesing, établi pour deux Amphistomes des Batraciens sur un caractère entièrement inexact, a été rejeté par les zoologistes, ainsi que le genre Notocotylus, du même auteur, institué pour une espèce qui se trouve être un Monostome.

Parmi les nouvelles divisions génériques qui ne doivent pas faire partie du système zoologique des Distomides, comme n'étant établies que sur des états larvaires et incomplets, par conséquent manquant des caractères définitifs de l'espèce adulte, se trouve le genre *Diplostomum*, établi par Nordmann pour deux formes habitant les humeurs de l'œil de divers poissons d'eau douce; le genre *Heterostomum* [1] (Filippi), dans lequel Diesing comprend plusieurs formes larvaires de Distomes trouvées dans les tissus de différents mollusques; le genre *Codonocephalus* [2], nom sous lequel Diesing désigne l'*Amphistoma urnigerum* (Rudolphi) forme encore imparfaitement connue, mais qui n'est pas adulte, et à laquelle on ne peut encore assigner de place définitive.

7.

Les Distomides sont entièrement spéciaux aux animaux vertébrés, du moins à l'état adulte, et habitent principalement les cavités de l'appareil digestif et de l'appareil respiratoire.

Les espèces du genre Amphistomum, peu nombreuses d'ailleurs, se trouvent surtout dans les mammifères.

Le genre Monostomum, dans lequel Diesing compte 41 espèces, habite principalement les oiseaux. Le genre Holostomum est, à l'exception d'une seule espèce, qui habite les mammifères, tout-à-fait spécial aux oiseaux ; (les Holostomes trouvés par Nordmann dans les poissons ne sont pas adultes). Diesing compte dans ce genre quatorze espèces qui, ajoutées aux douze qu'il en a sorties pour constituer son genre Hemistomum, forment un total de vingt-six espèces.

Enfin, le genre Distomum, le plus riche de tous, puisque Diesing y compte 222 espèces, dont vingt-sept douteuses, a une distribution beaucoup plus étendue que tous les précédents, et se rencontre dans toutes les classes des Vertébrés,

[1] Bibl. ital. 87, p. 338.
[2] Syst. Helminthum. (1850).

assez inégalement réparti, il est vrai, car les trois-quarts des Distomes appartiennent aux Oiseaux et surtout aux Poissons, tandis que le dernier quart se répartit à peu près par moitié entre les Mammifères d'une part, les Reptiles et les Amphibiens de l'autre.

Quant à la répartition de l'ensemble des Distomides dans les Vertébrés, elle est à peu près la même que celle que nous venons d'indiquer pour le seul genre Distome, avec cette différence que les Oiseaux en renferment presqu'autant que les Poissons, et les deux classes réunies les trois quarts du total; le dernier quart étant réparti de la même manière dans les trois autres classes.

Généralement, les Distomides paraissent être plus répandus dans les animaux aquatiques ou vivant dans le voisinage de l'eau, que dans les animaux terrestres proprement dits.

C'est ainsi que les Poissons en renferment plus que toutes les autres classes; que les Amphibiens, quoique très-peu nombreux, en fournissent presqu'autant que l'ensemble des Reptiles; et que dans la classe des Oiseaux, les groupes les plus ordinairement habités par ces parasites sont principalement les Oiseaux aquatiques. (Echassiers, Palmipèdes.)

Cette prépondérance des Distomides dans les animaux aquatiques, est en rapport avec le fait que, pendant les premières périodes de leur vie, un grand nombre d'entre eux sont aquatiques.

8.

Les Distomides ne sont généralement ni très-communs, ni très-abondants à la fois sur un même animal. Il y a cependant quelques espèces qui sont remarquables par leur abondance et leur fréquence, comme le *Distomum hepaticum* des Ruminants, très-commun dans le mouton, dont il obstrue les grands canaux hépatiques, et y détermine des dilatations souvent très-considérables dans lesquelles se trouvent entassés jusqu'à quinze et même plus de ces Distomes, une des plus grandes espèces du genre. La présence du *Distomum hepaticum* (*la douve*) dans un mouton détermine ordinairement la mort de l'animal attaqué, et il est, pour cette raison, très-redouté par les éleveurs auxquels, dans certains pays surtout, il cause chaque année des pertes considérables. Il ne paraît, du reste,

entraîner ces conséquences fâcheuses que dans les individus où il est très-abondant. En général, les Distomides ne paraissent point incommoder les animaux dont ils habitent l'intestin ou les autres cavités, rarement, il est vrai, en bien grand nombre à la fois, nombre qui tend toujours à diminuer, puisque leurs œufs produisent des embryons qui exigent un milieu différent pour se développer. Il résulte de ce mode de génération, qu'un animal habité par des Distomides peut, s'il ne s'en introduit pas de nouveaux par l'alimentation, en être complètement débarrassé au bout d'un certain temps, équivalent à la durée de la vie adulte de ces parasites.

Les Distomides paraissent avoir une distribution géographique étendue; un grand nombre d'espèces se trouvent un peu partout, et souvent dans plusieurs espèces différentes de Vertébrés. Ainsi, le *D. hepaticum* a été observé dans la plupart des animaux domestiques (bœuf, chèvre, chameau, porc, cheval, âne et dans plusieurs espèces de moutons) et même dans l'homme. On l'a trouvé, en outre, dans l'écureuil, le lièvre, le chevreuil, le daim et le kangouroo. Le *D. lanceolatum* qui accompagne presque toujours le précédent, et habite les petites ramifications du foie des moutons, dont les grands canaux hépatiques sont remplis de *D. hepaticum*, a été observé aussi dans le lièvre, le lapin, le cerf, le daim, le porc, le chat, le bœuf, et l'homme.

L'*Amphistomum conicum*, commun dans l'estomac du bœuf, a été trouvé aussi dans la panse du mouton et dans plusieurs espèces de cerfs tant européens qu'exotiques. (Brésil, par *M. Natterer.*)

L'*Amphistomum subclavatum*, parasite de plusieurs genres de Batraciens de nos pays, a aussi été trouvé par M. Natterer dans une grenouille du Brésil.

On peut même dire que les Distomides spéciaux à une espèce particulière de Vertébrés sont l'exception, la plupart ont été observés dans plusieurs espèces.

Inversément, on peut trouver dans la même espèce, souvent chez le même individu, plusieurs Distomides différents. Nous renvoyons pour les détails, sur ce sujet, au catalogue très-complet des animaux habités par des parasites, que Diesing a placé à la fin de son *Systema helminthum*.

9.

Les Distomides ont une forme aplatie, foliacée, quelquefois cylindrique. Ils n'atteignent jamais une très-grande taille, les plus grands appartiennent au genre Amphistome (Amph. giganteum), et Distome (D. hepaticum), mais généralement ils sont petits, et compris en moyenne entre deux et quinze millimètres.

Le tissu de leur corps est mou, très-contractile, et paraît dans toutes ses parties, formé d'une substance musculaire homogène, vaguement disposée en couches réticulées et entrecroisées, plus visibles à la périphérie du corps des grandes espèces; les petites ont une structure plus homogène. Ce tissu contractile forme la masse entière du corps, dans toute son épaisseur, sans circonscrire de cavité intérieure; les cavités des appareils digestif excréteur et circulatoire, sont creusées dans l'épaisseur du parenchyme qui les enveloppe de toutes parts, et les fait disparaître par ses contractions, sans qu'on puisse leur reconnaître des parois. Ceci explique pourquoi, lorsqu'on comprime un Trématode, on voit souvent la cavité excrétoire se fermer plus ou moins complètement, ou se cloisonner par des portions de parenchyme qui font saillie dans sa cavité et se soudent avec le tissu du côté opposé; j'ai pu observer ce fait sur de jeunes *Dist nodulosum* chez lesquels le phénomène est d'autant plus évident que leur cavité excrétoire est très-vaste. En opérant la compression d'une manière un peu rapide et en la cessant aussitôt, on voit quelquefois dans les individus que cette opération n'a pas tués et qui lui survivent encore un certain temps, que cette soudure plus ou moins complète des parois de leurs cavités n'en persiste pas moins, malgré les contractions du tissu ambiant.

La surface du corps est recouverte d'une couche épidermique plus résistante, homogène et transparente, qui se plisse ou se ride d'une manière tout-à-fait inerte, sous l'influence des contractions du tissu sousjacent, et est, par conséquent, dépourvue de toute contractilité. Cet épiderme, généralement lisse, est quelquefois relevé en petites lamelles aigües, très-rapprochées, qui donnent à la surface du corps l'aspect d'une lime.

A l'exception d'un petit groupe de Distomes distingués sous le nom d'Échinostomes, qui portent sur le bord d'un élargissement de l'extrémité antérieure de leur corps, une double couronne d'épines cornées et très-caduques, les Distomides sont inermes.

Leur couleur est, en général, d'un blanc jaunâtre, quelquefois tirant sur le rouge, et sur lequel se détachent souvent le tube digestif, coloré par son contenu, et l'oviducte dont les circonvolutions compliquées et formant quelquefois des dessins très-élégants, sont mises en évidence par les œufs presque toujours colorés en jaune ou en brun, qu'elles renferment.

10.

Appareils sur la vie de relation. Sens. Le sens tactile paraît le seul qui soit développé chez les Distomides et encore à des degrés très-différents suivant les espèces, il appartient au tissu entier du corps, qui est à la fois sensible et contractile; dans certaines espèces, on remarque dans le voisinage de l'extrémité antérieure des appendices ou lobules de diverses formes, mais de même structure que le reste du corps, et qui peuvent être regardés comme des organes un peu perfectionnés de tact analogues à des tentacules.

On a voulu quelquefois regarder comme des yeux, les taches pigmentaires situées à la partie antérieure du corps d'un petit nombre de Distomides; mais un amas de pigment ne constitue pas un organe de vision, et ne doit point être regardé comme tel, d'autant moins qu'il s'agit d'organismes vivant dans l'intérieur de cavités animales, au sein de l'obscurité la plus complète, et où des organes visuels seraient pour le moins inutiles. Au contraire, les taches pigmentaires qu'on remarque sur plusieurs cercaires aquatiques pourraient bien être de véritables yeux, comme Filippi vient de le constater pour la cercaire de l'*Amphistomum subclavatum,* chez laquelle il a reconnu une lentille conique au centre des taches pigmentaires qui caractérisent cette espèce. En suivant cette cercaire jusqu'à l'état adulte, il a constaté la résorbtion de la lentille et la dispersion des granulations pigmentaires; par conséquent, la destruction d'un organe visuel, désormais sans objet, puisque l'adulte doit vivre dans

des conditions de milieu toutes différentes de celles dans lesquelles il a vécu à l'état de larve.

Un système nerveux naissant de deux renflements placés des deux côtés de l'œsophage, communiquant entre eux par un cordon sus-œsophagien, et envoyant deux filets principaux qui descendent latéralement le long du corps en fournissant quelques ramifications secondaires, a été constaté dans plusieurs Amphistomes et dans les *Dist. hepaticum, holostomum* et *duplicatum*[1].

M. Dujardin[2] regarde ce que les auteurs ont pris pour le système nerveux du Dist. hepaticum, comme des brides fibreuses destinées à maintenir et mouvoir le bulbe œsophagien. Nous opposerons à cette manière de voir le fait que, dans ce Distome, la partie la plus visible du système en question est précisément celle qui occupe toute la portion aplatie du corps depuis la ventouse ventrale, et qu'on voit bien distinctement descendre des deux côtés du corps sous forme de deux filets ramifiés, qui paraissent se réunir de nouveau à l'extrémité postérieure. On voit encore très-distinctement dans les individus qui ne sont pas trop gorgés d'œufs, un filet transversal qui réunit les deux cordons latéraux en passant derrière la ventouse ventrale. Ces différents filets ne peuvent donc avoir aucun rapport avec le bulbe œsophagien, puisqu'ils sont placés dans une toute autre partie du corps. On peut les rendre très-apparents en soumettant le D. hepaticum à l'action de la potasse caustique, qui gonfle tout le corps de l'animal et rend son tissu très-transparent, tandis qu'elle contracte et rend plus opaque la substance des différents filets dont nous parlons. Cette différence dans les réactions chimiques indique donc bien une différence de nature. Quoiqu'il en soit, il est certain que ce système, quelque signification qu'il ait d'ailleurs, manque chez la majeure partie des Distomides.

11.

Appareil locomoteur.

Constitué par deux ventouses, de construction très-simple, c'est-à-dire consistant en un disque, ou plutôt une calotte musculeuse, plus ou moins épaisse,

[1] Siebold. Anat. comp. (trad. franç.). T. I., p. 125.
[2] Hist. nat. des Helminthes, p. 390.

généralement formée par un tissu transparent et strié, et creusée dans son milieu d'une excavation plus ou moins profonde, susceptible de se dilater considérablement ou de se fermer complètement, sous l'influence des contractions de la couche musculaire qui l'enveloppe.

Une de ces ventouses est placée tout-à-fait à l'extrémité antérieure ou un peu en dessous sur la face ventrale, et porte au fond de sa cavité l'orifice du tube digestif; elle joue donc le rôle de la bouche. Cette ventouse très-développée dans le genre Distome, l'est moins chez les Holostomes et Monostomes, et manque chez les Amphistomes.

La seconde ventouse, imperforée, généralement plus développée que la première, est toujours placée sur la ligne médiane à la face ventrale; avant le milieu de la longueur dans les Holostomes et les Distomes; et tout-à-fait à l'extrémité postérieure du corps, dans les Amphistomes. Elle manque dans le genre Monostome.

Les Distomides n'ont qu'une locomotion assez bornée et changent peu de place. Ils peuvent progresser soit par des contractions de leur corps, à la façon de certains vers, soit à l'aide de leurs ventouses, dont ils se servent comme les sangsues, c'est-à-dire qu'ils vont, en s'étirant de toute leur longueur, chercher un point d'appui plus éloigné, et y fixent leur extrémité antérieure par leur ventouse buccale, puis ensuite en se contractant ils amènent leur ventouse abdominale à côté de la première, et ainsi de suite. Chacune de ces opérations les fait donc progresser d'une longueur marquée par la distance qui sépare leurs deux ventouses au moment du maximum d'extension de leur corps.

Leurs ventouses leur servent principalement d'organes d'adhérence, surtout l'abdominale, au moyen de laquelle ils s'attachent aux membranes muqueuses qui tapissent les cavités qu'ils habitent.

Quant à la ventouse antérieure ou buccale, il est évident que, par sa position, elle est appelée à jouer un rôle important comme organe préhenseur ou suceur dans l'alimentation de ces parasites.

12.

Appareil Digestif.

Formé d'une bouche placée à l'extrémité antérieure du corps, entourée d'une couche musculeuse qui forme la ventouse antérieure. La bouche est tantôt tout-à-fait terminale, tantôt placée un peu en arrière sur la face ventrale.

Le fond de la ventouse buccale s'ouvre dans un tube simple ou *œsophage*, lequel présente quelquefois un renflement musculeux ou *pharynx*, plus ou moins éloigné de la ventouse buccale.

Après un trajet plus ou moins long suivant les espèces, l'œsophage se divise en deux branches qui descendent en divergeant le long des côtés du corps, en passant de part et d'autre de la ventouse ventrale quand elle existe, et se terminent en cœcums plus ou moins près de l'extrémité postérieure.

Les branches latérales de l'intestin sont ramifiées dans le *Dist. hepaticum*, et, d'après Siebold [1], présentent dans quelques espèces voisines du *Monostomum trigonocephalum* des cœcums simples annexés dans toute leur étendue.

Dans les *Monost. mutabile* et *flavum*, les deux branches de l'intestin, au lieu de se terminer en cœcums, se réunissent postérieurement et forment un arc continu.

L'intestin des Distomides est très-contractile et peut se fermer au point de disparaître entièrement, lorsqu'il ne renferme pas de contenu granuleux qui marque son trajet.

13.

Appareil excréteur.

Constitué par une cavité située dans la partie postérieure du corps à l'extrémité de laquelle elle s'ouvre par un orifice nommé par les auteurs *foramen caudale*, et qui a été anciennement pris pour l'anus. La cavité excrétoire, qui peut être très-vaste, est tantôt simple, tantôt bifurquée en deux branches qui montent latéralement et s'étendent quelquefois

[1] Anat. Comp. (trad. franç.) T. I, p. 130, note 8.

jusque dans la partie antérieure du corps; tantôt plus ou moins ramifiée. Très-contractile, elle change constamment de forme et peut disparaître entièrement comme l'intestin.

Elle renferme quelquefois des concrétions calcaires dont la grosseur varie suivant les espèces, et qu'on voit cheminer sous l'influence de ses contractions, et sortir par l'orifice postérieur. Ces concrétions sont sphériques, tantôt formées de couches concentriques disposées autour d'un petit noyau central, tantôt tout-à-fait homogènes, réfractant fortement la lumière, et jaunâtres.

Elles sont solubles avec effervescence dans l'acide acétique. — Ces concrétions, qui ont été souvent prises pour des œufs, et leur éjection pour l'acte de la ponte, s'observent fréquemment chez les Distomides non adultes, plus rarement chez les adultes. Dans le *Dist. nodulosum* adulte, elles sont très-évidentes par leur grosseur et leur réfringence. On trouve souvent, au lieu de ces concrétions, le contenu de la cavité excrétoire sous forme de granulations foncées.

14.

Dans beaucoup de Distomides, on observe un système particulier qui a été regardé tantôt comme un système circulatoire, tantôt comme un système respiratoire ou aquifère, et qui consiste en canaux très-fins, simples ou ramifiés, très-onduleux, s'étendant souvent dans toute la longueur du corps, fréquemment garnis, à leur paroi interne, de longs cils vibratils, dont l'agitation détermine un mouvement dans le liquide toujours incolore et transparent qui remplit ces canaux. Ces cils vibratils se trouvent quelquefois dans toute l'étendue de ce système de canaux nommés pour cette raison *canaux vibratils*, quelquefois, par places seulement.

Si on examine des Distomides très-jeunes ou encore à l'état larvaire, que leur transparence et leur petitesse rendent très-favorables à ce genre d'investigation, on peut se convaincre aisément que ce système de canaux vibratils s'ouvre dans la cavité excrétoire, comme nous le verrons plus loin en traitant des Cercaires et des jeunes Distomides sortis de leurs kystes. Cette disposition, très-difficile à apprécier chez les Distomides adultes, à cause de leurs

tissus, paraît avoir échappé à plusieurs observateurs qui, pour cette raison, ont regardé les canaux comme formant un système clos, ou lui ont supposé d'autres abouchements.

Ce n'est qu'assez récemment, que les véritables rapports du système de canaux vibratils (ou circulatoire) avec l'appareil excréteur ont été positivement constatés sur des individus adultes par M. Van Beneden [1], dans le *Dist. tereticolle*, et par M. Aubert [2], sur l'*Aspidogaster conchicola*.

Ce dernier a encore constaté que ce système de canaux ne renferme pas de cils vibratils dans tout son trajet, mais par places seulement; de sorte qu'on ne doit pas conclure que l'absence de cils vibratils dans les canaux flexueux des Distomides ou des Trématodes en général, doive caractériser un système de canaux différents, comme Siebold [3] paraît le croire.

15.

Appareils de reproduction.

Tous les Distomides sont hermaphrodites, à l'exception de deux espèces de Distomes découvertes récemment, et qui paraissent avoir des sexes séparés.

L'une est le *Distomum hæmatobium* [4], trouvée au Caire, par M. Bilharz, dans le sang de la veine porte de l'homme, surtout dans les cas de dyssenterie; l'autre est le *Dist. Okenii*, trouvé par Kölliker, dans l'intestin d'un Cyprin.

Ces deux espèces, très-singulières sous beaucoup de rapports exceptées, tous les autres Distomides sont pourvus de deux appareils générateurs, l'un mâle, l'autre femelle, placés sur le même individu et construits sur un type très-uniforme dans ses grands traits, quoique très-diversifié dans ses dispositions secondaires suivant les genres et les espèces. Une description détaillée de toutes ses variations étant inutile ici, puisqu'elles n'influent en rien sur la nature des produits définitifs de

[1] Ann. des Sc. Nat. 3e série, t. XVII (1852).

[2] Loc. cit. Sieb. Zeitsch. t. VI, p. 349.

[3] Anat. comp. (tr. franç.), t. I, p. 138.

[4] Siebold's Zeitsch. für wiss. zool., t. IV, p. 59 (1853).

l'appareil générateur, nous nous bornerons à indiquer d'une manière générale, le type schématique qui préside à sa disposition dans le groupe dont nous nous occupons.

16.

Appareil mâle.

On peut y distinguer une partie interne destinée à l'élaboration des produits fécondants ; une partie externe ou de copulation ; une partie intermédiaire reliant les deux premières, et servant au transport des produits mâles de la première dans la seconde ; enfin une quatrième partie qui relie directement les deux appareils générateurs de l'individu.

Les organes producteurs du liquide fécondant, ou *testicules*, sont au nombre de deux, rarement moins, mais quelquefois plus, et situés généralement en arrière ou autour de la ventouse ventrale, ou dans la partie postérieure du corps. Ils ont la forme de réservoirs creux, ordinairement arrondis, quelquefois lobulés, munis chacun d'un canal déférent spécial, qui, après un trajet plus ou moins long, s'ouvre dans une *vésicule séminale externe*, dans laquelle il verse le produit du testicule dont il provient. Quelquefois les canaux déférents se réunissent en un tronc unique avant d'arriver à la vésicule séminale. Celle-ci est placée au fond d'un organe allongé, creux, nommé *poche du cirrhe*, qui se prolonge en un tube ordinairement long et flexueux, terminé par un cirrhe tubuleux, lisse ou hérissé, susceptible de se replier dans la cavité de l'organe, pour cette raison nommée poche du cirrhe (Cirrhus Beutel); ou qui fait saillie à l'extérieur en sortant par un orifice qui est commun aussi à l'appareil femelle.

Cet *orifice génital commun* est généralement placé dans la partie antérieure du corps, exceptionellement dans la partie postérieure.

L'appareil mâle est relié directement à l'appareil femelle par un canal déférent spécial qui part de l'un des testicules, et va s'ouvrir dans une vésicule séminale appartenant à l'appareil femelle, qu'on a nommée, pour la distinguer de la première, *vésicule séminale interne.*

17.

Les produits de l'appareil mâle consistent en spermatozoïdes très-petits, de forme capillaire et extrêmement vifs. Leur petitesse et leur vivacité les rendent difficiles à voir, lorsqu'on ne supprime pas leurs mouvements en les soumettant à l'action de l'eau.

18.

Appareil femelle.

Se compose de plusieurs organes internes chargés de l'élaboration des différents éléments constituants du produit femelle ou œuf, et d'une partie destinée à l'amener au dehors.

La portion formatrice de l'œuf est formée par les organes suivants :

1° Un *ovuligène* (ovaire), réservoir creux dans lequel naissent les vésicules germinatives, et muni d'un canal déférent ;

2° Un *vitellogène,* organe formé par la réunion de plusieurs cœcums qui produisent la substance du vitellus ; les différents tubes qui constituent cet organe se réunissent en définitive en un canal unique, qui à son tour va aboutir dans le voisinage du canal déférent de l'ovuligène ;

3° Un réservoir spécial ou *vésicule séminale interne,* qui s'ouvre près du point de réunion des deux conduits de l'ovuligène et du vitellogène ; dans le fond de laquelle vient aboutir le canal déférent que nous avons vu provenir d'un des testicules, et qui relie ainsi directement les deux appareils mâle et femelle du même individu ;

4° Enfin l'*oviducte*, qui prend naissance au point de réunion des trois organes précédents, et qui est pour ainsi dire la prolongation du canal unique formé par la fusion des canaux déférents de l'ovuligène, du vitellogène et de la vésicule séminale interne. L'oviducte est toujours un tube simple, plus étroit à son origine, puis s'élargissant peu après et conservant pendant tout le reste de son trajet un calibre à peu près uniforme. Après un nombre souvent très-grand de circonvo-

lutions irrégulières qui remplissent quelquefois toute la partie postérieure du corps, il va se terminer à l'orifice génital commun, en longeant la partie extrême de l'appareil mâle, c'est-à-dire la bourse du cirrhe, et la vésicule séminale externe.

La coque des œufs se forme dans le commencement de l'oviducte.

19.

Il résulte de la disposition que nous venons d'indiquer, que les éléments constitutifs de l'œuf, c'est-à-dire le germe et le vitellus, se produisent chacun dans un organe spécial, et arrivent séparément dans un canal commun, dans lequel la vésicule séminale interne verse son contenu provenant de l'appareil mâle. L'œuf est donc fécondé au moment où il se forme par la réunion des divers matériaux qui doivent le constituer, et avant de s'entourer de sa coque ; ce qui explique pourquoi on trouve le plus souvent les œufs en voie de développement déjà dans le commencement de l'oviducte.

Les Distomides sont donc des hermaphrodites complets, puisque chaque individu peut se féconder lui-même, sans le concours d'un autre. On s'explique alors d'autant moins l'usage des organes copulateurs, toujours très-développés chez tous les Distomides, que les œufs, entourés d'une coque très-dure, sont tout-à-fait inaccessibles aux spermatozoïdes pendant tout leur trajet dans l'oviducte.

On ne peut donc admettre la fécondation par le liquide séminal versé dans le vagin, (soit par un autre individu, soit comme cela paraît possible, par le même, grâce à la flexibilité et à la longueur du cirrhe, qui peut se replier dans l'oviducte, placé à côté de la poche du cirrhe, lorsque l'ouverture génitale commune est fermée), qu'en supposant que les spermatozoïdes remontent l'oviducte dans toute sa longueur, et arrivent à son point de départ où les œufs n'ont pas encore de coque durcie. Encore est-il probable que la fécondation a déjà été opérée par les spermatozoïdes de la *vésicule séminale interne*, qui se trouvent sur le trajet des éléments constitutifs (germe et vitellus) à peine réunis pour former l'œuf, et auxquels leur position avancée doit assurer la priorité sur ceux arrivés par une voie moins directe.

20.

Tous les Distomides produisent donc des œufs, presque toujours en grande quantité, surtout les espèces qui ont l'oviducte très-long; et les pondent dans les cavités même qu'ils habitent.

Leurs dimensions, assez constantes dans chaque espèce, ne sont pas toujours en rapport avec la taille de l'animal qui les produit, et on voit fréquemment des espèces qui, quoique plus grandes que d'autres, font des œufs plus petits qu'elles. C'est, néanmoins, d'une manière générale, dans les grandes espèces que se rencontrent les plus grands œufs.

Leur forme est généralement ovoïde et régulière, rarement modifiée par des prolongements ou appendices de la coque.

Presque toujours colorés en jaune ou en brun plus ou moins foncé, l'intensité de la coloration des œufs varie dans le même individu suivant leur position dans l'oviducte, et est tout-à-fait indépendante du degré de développement de leur contenu. Incolores dans le commencement de l'oviducte, on les voit se colorer de plus en plus à mesure qu'ils avancent vers son autre extrémité, où ils atteignent leur maximum de coloration. L'intensité de celle-ci paraît varier encore dans la même espèce suivant les individus.

La coloration des œufs des Distomides appartient uniquement à leur coque. Cette coque est plus ou moins dure; tantôt de consistance cornée et élastique, tantôt tout-à-fait molle. Dans la plupart des espèces, une des extrémités de la coque se soulève comme un couvercle ou opercule, lors de l'éclosion de l'embryon. La substance de la coque des œufs de Distomides résiste aux agents destructeurs; la putréfaction est sans action sur elle, et les acides et les alcalis ne l'attaquent qu'à la longue.

21.

Le développement de l'œuf commence le plus souvent dans l'oviducte; dans

quelques espèces, il s'y achève entièrement, de sorte que l'éclosion précède la ponte, ou la suit de très-près. C'est chez ces dernières seulement que nous pouvons étudier et suivre le développement de l'œuf depuis son origine jusqu'à la formation et l'éclosion de l'embryon, toujours très-différent par sa forme, son organisation et son genre de vie, de l'être qui lui a donné naissance ; et qui constitue le premier terme de la longue série de transformations complexes que présente le développement des Distomides, et à laquelle on a donné le nom de génération alternante.

CHAPITRE DEUXIÈME.

Formation et développement de l'Œuf, et forme embryonnaire.

(Tab. IV.)

22.

Nous ne possédons encore qu'un très-petit nombre de documents sur les premières phases du développement de l'œuf des Distomides, qui se forme, comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, par la réunion d'une petite quantité de substance vitellaire et d'une vésicule germinative, provenant l'une et l'autre de deux portions distinctes de l'appareil générateur femelle, et venant se rassembler en un point où, par suite d'une disposition très-remarquable dè l'appareil mâle, elles rencontrent les éléments de la fécondation, fournis par le même individu, avant la formation de la coque.

23.

L'œuf étant ainsi formé, le premier changement qu'on y observe est, d'après Siebold[1], la disparution de la vésicule germinative, suivie d'une diminution du vitellus et de l'apparition de vésicules limpides, qui finissent par former, en se rapprochant, une masse cohérente qui devient l'embryon. Plus tard, Kölliker[2], observant les œufs du *Distomum tereticolle*, constata chez cette espèce un mode de formation très-remarquable des cellules embryonnaires, qu'il avait rencontré déjà dans quelques Nématodes *(Ascaris dentata*,

[1] Physiologie de Burdach (trad. franç.), t. III, p. 57.

[2] Müller's Archiv. 1843, p. 91, pl. VII.

Oxyuris ambigua, etc.) et un Botryocéphale. Chez ces différentes espèces, les cellules embryonnaires, au lieu de se former par segmentation du vitellus entier, naissent isolément dans son intérieur, et finissent par envahir graduellement, en se multipliant, la presque totalité du vitellus granuleux primitif, auquel elles se substituent ainsi, et se réunissent pour former le corps de l'embryon.

Les granulations vitellaires qui n'avaient pas été absorbées par les cellules embryonnaires, se groupaient ensuite dans les œufs du *D. tereticolle*, en petits amas sphériques à la surface de l'embryon.

Cette formation des cellules embryonnaires, autrement que par segmentation du vitellus, paraît aussi avoir été observée par Van Beneden[1] chez plusieurs Trématodes.

Tels sont, à ma connaissance, les seuls renseignements très-incomplets d'ailleurs, que nous ayons jusqu'à présent sur les premières phases du développement de l'embryon des Trématodes, mais qui tous constatent chez ces animaux l'absence du fractionnement du vitellus. Quelques détails plus circonstanciés sur le développement et la formation de l'œuf du *Distomum lanceolatum*, que j'ai eu récemment occasion d'étudier, et chez lequel j'ai reconnu des faits très-analogues à ceux signalés pour la première fois par Kölliker dans le *D. tereticolle*, ne seront donc pas, dans l'état actuel de la question, tout-à-fait dénués d'intérêt.

24.

Les œufs du *Distoma lanceolatum* sont petits, d'une coloration brune très-foncée, à coque très-résistante et élastique, et entassés en grand nombre dans un oviducte très-long, qui décrit des circonvolutions nombreuses et très-élégamment disposées dans la partie postérieure du corps de l'adulte.

L'oviducte prend naissance un peu en arrière de la ventouse ventrale, de chaque côté de laquelle se trouve un organe allongé, dendritique, d'un blanc de lait, qui

[1] Rapport de M. de Quatrefages. L. C. p. 23.

n'est autre chose que le vitellogène, et qui doit sa couleur à la substance vitellaire qui remplit sa cavité.

25.

Cette substance vitellaire est formée de petites masses mamelonnées de toutes grandeurs et de toutes formes (pl. IV, fig. 1), arrondies, peu consistantes, s'écrasant facilement, à peu près comme un corps gras, de structure tout-à-fait homogène, point granuleuses, assez réfringentes, jaunâtres à la lumière transmise, blanches à la lumière directe. Ces petites masses sont entassées dans le vitellogène, dans les tubes duquel on les voit glisser, lorsqu'on soumet l'animal à la compression. Au contact de l'eau, tous les fragments de substance vitellaire prennent immédiatement la forme sphérique, deviennent opaques, fortement jaunâtres, et acquièrent un aspect granuleux.

L'éther les dissout en partie et paraît leur enlever une matière grasse qui ternit la plaque de verre sur laquelle on laisse l'éther s'évaporer.

26.

Dans le commencement de l'oviducte, on trouve des œufs en voie de formation et composés d'un ou plusieurs des amas vitellaires dont nous venons de parler, le plus souvent fondus en une masse unique, quelquefois distincts et commençant à s'envelopper d'une substance visqueuse, transparente, homogène et incolore, qui forme autour du vitellus une couche assez épaisse, peu dense, et dont le contour, quelquefois inachevé, montre qu'elle n'a pas encore partout entouré le vitellus, ou tout au moins qu'elle n'est pas encore partout également condensée autour de lui (Tab. IV, fig. 2). On observe cette apparence dans les œufs qui sont le plus près des vitellaires, et viennent, par conséquent, à peine d'être entourés de cette substance gélatineuse, qui, en se condensant et se coagulant davantage, devient la coque même de l'œuf.

27.

A ce moment, où l'œuf vient seulement d'être constitué, on remarque déjà un changement notable dans l'apparence du vitellus, qui, au lieu d'être homogène

comme il l'était dans le vitellogène, et comme le sont encore les amas non entourés d'une coque qu'on trouve dans le voisinage, présente à sa surface de très-grosses gouttelettes huileuses sphériques d'environ 0, mm 004, à contours foncés, jaunâtres, et très-réfringentes (fig. 3-6, *c*). La forme extérieure irrégulièrement mamelonnée du vitellus, reste la même, mais il perd sa réfringence, ses bords sont plus pâles et il devient tout-à-fait incolore. L'apparition subite de ces gouttelettes à la surface du vitellus paraît donc être le résultat d'un premier travail d'évolution qui a pour effet de séparer en deux éléments distincts le vitellus, d'abord homogène ; une substance grasse, qui se prend en gouttelettes et monte à la surface, laissant avec sa première forme, une gangue albumineuse avec laquelle elle était d'abord intimement mélangée, et ne manifestait sa présence que par la couleur jaunâtre, et la réfringence plus grande qu'elle communiquait au tout.

Ce fait est confirmé par la réaction de l'éther, que nous avons dit dissoudre seulement une partie grasse de la substance vitellaire totale. La nature grasse des gouttelettes qui apparaissent ainsi dans l'œuf nouvellement constitué, est démontrée encore par la réaction de l'éther qui les dissout, laissant le vitellus seulement un peu contracté et racorni.

Dans les œufs où les amas de substance vitelline qui forment le vitellus total ne se sont pas confondus en une masse unique, comme on le voit quelquefois (fig. 5), la séparation de la matière grasse s'observe également, mais individuellement pour chaque fragment du vitellus, et on trouve dans chacun d'eux un petit amas de gouttelettes qui lui appartiennent, et qui restent localisées dans la masse qui les a produites, sans se mélanger avec celles provenant des masses voisines, tant que celles-ci ne se sont pas fondues entre elles.

28.

Ce premier travail d'évolution, qui a lieu de très-bonne heure, puisqu'il s'observe déjà, comme je l'ai dit, dans les œufs qui ne sont pas encore complètement entourés de la substance qui doit former la coque, et qui est, selon toute apparence, consécutif à la fécondation, ne paraît cependant pas en être une conséquence nécessaire, car on le remarque également sur les petits frag-

ments vitellins qui s'entourent accidentellement d'une couche de substance de la coque comme les vrais œufs, mais ne se développent pas.

La forte réfringence et le nombre des gouttelettes huileuses ainsi parsemées dans la substance vitelline, masquent presque complètement celle-ci, et empêchent de distinguer les corps plus transparents et plus petits qui, comme la vésicule germinative, pourraient encore s'y trouver. Il m'est donc impossible de dire à quel moment celle-ci disparaît; car, pas plus heureux que Kölliker, je n'ai pu parvenir à l'apercevoir.

29.

Un peu plus loin dans l'oviducte, les œufs sont complètement formés, la substance, d'abord molle de la coque, s'est coagulée et constituée en membrane, et présente une épaisseur de $0^{mm},001$ à $0^{mm},002$ et un double contour très-évident. En se condensant en membrane, la coque s'éloigne du vitellus, laissant ainsi, entre elle et ce dernier, un vide plus ou moins grand. C'est sous cette forme qu'on voit la plupart des œufs occupant la première partie de l'oviducte, et qu'on reconnaît aisément à leur transparence et à la mollesse de leur coque, qui se plisse avec la plus grande facilité, de sorte que les œufs affectent une forme peu régulière. En examinant attentivement ces œufs encore incolores, dans les intervalles que laissent entre elles les gouttelettes huileuses qui parsèment le vitellus, on aperçoit dans la masse de celui-ci, de petites cellules, très-pâles et finement granuleuses, d'abord en très-petite quantité, puis successivement plus nombreuses. J'ai trouvé des œufs qui n'en avaient qu'une (f. 3) plus souvent deux, et très-fréquemment quatre ou cinq (f. 6, 7). Pour bien mettre ces cellules en évidence, il suffit de comprimer les œufs (f. 7), ce qui espace davantage les gouttelettes huileuses et permet de mieux distinguer ce qui se trouve dans la substance du vitellus, lequel subit aussi une modification dans sa structure et sa forme. Dans les œufs qui renferment déjà quelques cellules embryonnaires, le vitellus perd son aspect demi-solide, ses contours nets et mamelonnés, devient plus liquide et remplit presque complètement la cavité de la coque en prenant par conséquent, comme celle-ci, la forme ovoïde que l'œuf doit tou-

jours désormais conserver (fig. 8). Outre les cellules pâles qui se sont formées dans son intérieur, on remarque encore que le vitellus est parsemé de granulations pâles et très-fines.

30.

Quand les cellules embryonnaires commencent à devenir nombreuses, on voit les gouttelettes huileuses, qui d'abord étaient éparpillées par toute la périphérie du vitellus (fig. 2—7), tendre à se grouper vers un des pôles de l'œuf (fig. 8—10, *c*), quelquefois vers les deux pôles à la fois, où elles forment un amas très-réfringent. Tout le reste du vitellus entièrement dégagé de ces gouttelettes, laisse alors voir très-évidemment les cellules embryonnaires déjà nombreuses qui le remplissent, et ses granulations propres.

31.

Dans les œufs un peu plus avancés (fig. 11, 12), on remarque une modification, consistant en la disparition des grandes gouttelettes huileuses qui précédemment s'étaient réunies vers les pôles de l'œuf, où elles formaient un ou deux amas extrêmement apparents. Mais à la place de ces grosses gouttelettes, on trouve un amas de gouttelettes beaucoup plus nombreuses et plus petites, à contours foncés, et jaunes qui paraissent de même nature que les grandes, comme si celles-ci étaient divisées chacune en un certain nombre de fragments. On trouve en effet quelquefois des œufs (fig. 11), dans lesquels on remarque encore encore deux ou trois gouttelettes encore entières parmi les petites, qui démontrent complètement la relation de continuité qui existe entre les secondes et les premières. Dans quelques cas, les gouttelettes ne se groupent pas toutes vers les pôles, mais quelques-unes restent vers différents points de la surface (fig. 11, 12). A cette période du développement, caractérisée par la substitution des granulations graisseuses aux grandes gouttelettes primitives, le vitellus est entièrement transformé en cellules embryonnaires très-distinctes, fortement tassées, et formant une masse ovoïde qui occupe toute la cavité de la coque.

Les gouttelettes, de leur côté, se serrent toujours plus les unes contre les autres, et forment par leur tassement des plaques compactes d'aspect granuleux, qui recouvrent comme un capuchon tantôt les deux pôles du vitellus (fig. 13, 14, *c'*), tantôt un seul (fig. 15, 16, *c'*), suivant qu'elles se sont primitivement réunies vers les deux pôles (fig. 11), ou toutes vers un seul (fig. 10).

De la même manière et en même temps, les granulations qui sont restées sur différents points de la surface du vitellus, se rapprochent, se serrent et forment de petites bandelettes irrégulières, et identiques aux capuchons polaires par leur apparence granuleuse. Ces amas de granulations intermédiaires s'observent surtout et sont généralement plus étendus dans les œufs qui ne possèdent qu'un capuchon polaire (fig. 15, *c''*, et 16 A), avec lequel ils sont quelquefois en continuation directe, comme on le voit dans la fig. 16 A, ce qui confirme encore leur similitude d'origine.

Ici s'arrêtent les modifications de l'élément gras du vitellus primitif, qui, aussi loin que nous avons suivi le développement de l'œuf dont nous nous occupons, conserve sa dernière forme de plaques formées par la juxtaposition de petites granulations foncées, et toujours placées à la périphérie du vitellus.

32.

Nous avons vu celui-ci remplacé successivement par des cellules embryonnaires formant une masse ovoïde remplissant la cavité entière de l'œuf, et dans laquelle les contours des cellules étaient encore visibles. Peu à peu les contours des cellules embryonnaires s'effacent (fig. 14), et leur fusion, bientôt complète, produit un tissu homogène, également parsemé de granulations pâles (fig. 15), assez transparent, et sur lequel les plaques de granulations dont nous avons parlé, se détachent avec beaucoup de netteté. La masse homogène ainsi produite par la fusion des cellules embryonnaires, et qui n'a encore que des contours peu accusés, constitue les premiers linéaments de l'embryon et remplit encore, comme auparavant, la cavité de la coque.

33.

Peu à peu elle se condense davantage, sa périphérie s'éloigne des parois de la

coque, et on la voit prendre graduellement d'abord un contour très-fin, puis de plus en plus distinct, qui circonscrit une forme toujours plus déterminée, qui est celle de l'embryon (fig. 17, *e*).

Celui-ci, une fois formé, a environ 0,^{mm} 033 de long sur 0,^{mm} 020 dans sa partie la plus large. Son corps est pyriforme, allongé, aminci à une de ses extrémités, arrondi et élargi à l'autre. Dans sa partie élargie, en même temps que son contour extérieur se manifeste, apparaissent deux corps arrondis, d'abord peu indiqués, puis toujours plus nets, à mesure que le contour de l'embryon se dessine davantage. Ces deux corps (fig. 17, 18, 19, *f*) ont environ 0,^{mm} 007 de diamètre, sont irrégulièrement ovoïdes ou arrondis, parsemés de granulations assez grosses et foncées, et de couleur jaune. Le reste du corps de l'embryon est incolore, transparent, finement granuleux et d'une délicatesse extrême; dès qu'il arrive au contact de l'eau, il se creuse de vacuoles, diffiue, et disparaît rapidement; les deux corps internes (*f*) résistent un peu plus longtemps, mais finissent également par disparaître.

L'espace compris entre la périphérie de l'embryon et la paroi de la coque est rempli d'un liquide incolore, tout-à-fait transparent, quelquefois un peu granuleux, plus dense que l'eau, et qui sort sous forme de traînées lorsqu'on brise la coque par compression pour en faire sortir l'embryon.

34.

L'embryon affecte, vis-à-vis du capuchon polaire formé de granulations, et dont nous avons parlé plus haut, une position constamment la même. Son extrémité amincie est toujours tournée du côte de la calotte granuleuse, sous laquelle sa pointe est engagée et toujours cachée (fig. 17, 18, *c'*); on ne peut donc voir l'embryon entier qu'en le faisant sortir de la coque par compression, comme on le voit fig. 19. La calotte polaire, quand elle est unique (fig. 10, 15, 16, 18, *c'*) indique donc toujours la direction de l'embryon, dont elle recouvre le côté aminci; elle existe toujours sans exception, tandis que celle qui peut se trouver à l'autre pôle de l'œuf, et qui, comme la précédente, persiste après la formation de l'embryon (fig. 17), manque quelquefois. Remarquons que les calottes polaires con-

servent la forme et la disposition qu'elles avaient dès leur formation, et demeurent toujours appliquées contre la face interne de la coque et point sur le corps même de l'embryon. Lorsqu'on brise la coque pour en faire sortir l'embryon, on voit le ou les capuchons granuleux se désaggréger en petites gouttelettes très-réfringentes, qui sortent isolément suspendues dans le liquide incolore qui occupe l'espace compris entre l'embryon et la coque, et on peut constater par là que les gouttelettes auxquelles nous avons attribué la formation du capuchon n'ont pas changé de nature, et que le nouvel aspect de granulations foncées qu'elles présentent, soit dans les calottes polaires, soit dans les plaques de la surface du vitellus, tient uniquement à leur mode d'association.

35.

Tel est le maximum de développement qu'atteint l'embryon du *Dist. lanceolatum* dans l'oviducte maternel. Les œufs qu'on trouve sur les parois des canaux hépatiques du mouton sont aussi exactement au même point et, par conséquent, ne paraissent pas devoir éclore dans le milieu même où ils sont pondus. C'est donc probablement dans le tube digestif du mouton qu'il faudra chercher leur développement ultérieur et leur éclosion, d'autant plus que si, dans l'état où nous les avons laissés, les embryons ne sont pas encore complètement formés, ils ne paraissent pas être très-éloignés du terme de leur développement, car j'ai pu constater à plusieurs reprises chez eux, des contractions très-évidentes et des mouvements qui indiquaient un commencement de vitalité. Ces observations, suivies dans le courant de l'hiver dernier, à plusieurs reprises, sur des *Dist. lanceolatum* provenant de différents foies de moutons, m'ont constamment présenté les mêmes résultats.

36.

Pour terminer et compléter cette histoire du développement de l'œuf, dont nous venons de suivre le contenu jusqu'à sa transformation en embryon, il nous reste à signaler les modifications successives que présente l'enveloppe de l'œuf ou la coque, et qui, n'étant aucunement en rapport avec celles du vitellus, doivent être indiquées à part.

Dans les premières portions de l'oviducte, la substance de la coque, au moment où elle est sécrétée par les parois même de l'oviducte, est gélatineuse, molle, et entoure les éléments constituants de l'œuf (germe et paquets vitellins) sous forme d'une couche incolore, transparente, homogène et assez épaisse (fig.2).

Un peu plus loin, cette couche se condense, se coagule et devient une membrane complète, dont l'épaisseur de 0,001 à 0,002 est indiquée par un double contour très-net et foncé ; à ce moment, la coque est constituée avec sa forme et ses dimensions définitives, mais elle est encore incolore, transparente et tout-à-fait flexible (fig. 3—6), se déformant et se déchirant avec une grande facilité. Peu-à-peu on voit la coque prendre insensiblement une teinte d'abord jaunâtre, puis verdâtre, puis brunâtre; cette dernière coloration, d'abord faible, va graduellement en croissant en intensité, de sorte que les œufs, près de leur sortie, sont souvent presque noirs et opaques.

37.

Il est important de remarquer que ces différents degrés de coloration ne sont nullement en rapport avec le degré de développement du contenu de l'œuf, mais tiennent uniquement à la position de l'œuf dans l'oviducte, c'est-à-dire que les œufs qui sont dans le commencement de l'oviducte, sont toujours incolores, et que plus on s'éloigne de ce point de départ, plus ils sont colorés; de sorte qu'on peut distinguer, dans le trajet de l'oviducte, différents compartiments, dont chacun a sa coloration distincte et ne renferme que des œufs de la même nuance, mais qui peuvent d'ailleurs se trouver à tous les degrés de développement. Il faut en excepter cependant la naissance de l'oviducte qui ne renferme jamais que des œufs dont le vitellus est encore entier, ne contenant encore que peu ou point de cellules embryonnaires et dont la coque est toujours incolore.

Il n'est pas rare de rencontrer des œufs dans les canaux hépatiques, qui par conséquent ont été pondus, et, en traversant les dernières portions de l'oviducte, y ont acquis la teinte foncée qui caractérise les œufs qu'on y trouve, et qui, cependant, en sont encore aux toutes premières phases de

leur développement. Inversément, dans les circonvolutions de l'oviducte, voisines de sa naissance, où les œufs ont la coque seulement jaunâtre et encore molle, on trouve souvent des embryons déjà formés, avec leurs deux corpuscules granuleux, et un contour parfaitement net. C'est surtout chez ces derniers qu'on peut le mieux étudier l'embryon dans l'œuf, à cause de la transparence de la coque.

38.

La dureté de la coque est proportionnelle à l'intensité de la coloration, et entièrement indépendante du degré de développement du vitellus, toujours incolore; elle est, par conséquent, d'autant plus grande que les œufs sont plus près de leur sortie.

L'intensité de la coloration des œufs paraît aussi être en rapport avec la taille de l'individu qui les produit. J'ai toujours remarqué que, dans les *Dist. lanceolatum* de petite taille, les œufs qui occupent l'extrémité de l'oviducte, sont beaucoup moins foncés que ceux qui occupent une position correspondante dans les grands individus, chez lesquels ils sont presque noirs et à peine translucides.

39.

On trouve assez souvent, dans l'espèce dont nous parlons, une anomalie qui consiste en une production surabondante de la substance de la coque, qu'on trouve sous forme de petites sphères parmi les véritables œufs, ou d'amas diversiformes enveloppant quelquefois soit des petits fragments de substance vitelline, soit des granulations. Ces masses qui se rencontrent dans tout le trajet de l'oviducte, subissent exactement les mêmes modifications de couleur et de dureté, que les véritables œufs parmi lesquels elles sont mélangées; c'est-à-dire que, molles et incolores, gélatineuses dans le commencement de l'oviducte, elles se colorent successivement en jaune, vert, puis en brun comme les coques des œufs complets, et deviennent très-foncées et très-dures vers son autre extrémité, où elles sont pondues avec le reste de son contenu. Cette surabondance,

qui parait provenir d'un manque d'équilibre dans la production des différents éléments de l'œuf, atteint quelquefois des proportions considérables, au point, qu'on rencontre quelquefois des individus chez lesquels l'oviducte est rempli dans toute sa longueur de ces amas de substance de la coque, dont l'excès ne trouvant pas assez de substance vitelline et de vésicules germinatives pour former des œufs, enveloppe tous les fragments ou corpuscules qui se trouvent sur son passage, ou, à défaut, prend la forme sphérique, comme toute substance liquide qui est suspendue dans un autre liquide de même densité Ces petites masses sont allongées ou difformées de diverses manières, par suite des différentes compressions qui ont pu être exercées sur elles avant leur solidification complète, soit par les contractions de l'oviducte, soit par les différents corps qui les entourent. Dans ces cas, les œufs complets sont généralement peu nombreux.

40.

Cet exemple démontre avec toute l'évidence possible que, comme nous l'avons inféré de l'examen des œufs mêmes, la substance de la coque subit ces différentes modifications dans sa couleur et sa dureté d'une manière indépendante de son contenu, mais en rapport avec sa position dans l'oviducte, et en vertu d'une propriété spéciale de cette substance. Il montre, en outre, que ce n'est point en vertu d'une attraction particulière exercée par le vitellus sur la substance de la coque, que celle-ci se condense autour de lui, mais qu'elle l'enveloppe d'une manière mécanique, en se moulant sur lui comme elle le ferait sur tout autre corps placé dans le point de l'oviducte où elle est sécrétée, comme le prouvent les fragments vitellins qu'on trouve enveloppés d'une véritable coque de même forme qu'eux. Il résulte encore de ceci que la forme de l'œuf, étant déterminée par le contenu, puisque la substance de la coque se moule sur lui, et se modifie avec lui, c'est au vitellus constitué pour se développer en embryon, qu'il faut attribuer la forme et les dimensions normales de l'œuf complet, et qui sont assez constantes pour chaque espèce, quoique variables entre certaines limites suivant les individus, et même dans chaque individu à part.

41.

La substance de la coque des œufs du *D. lanceolatum* est, quand elle a atteint déjà un certain degré de coloration, extrêmement résistante et très-élastique ; lorsqu'on le comprime, l'œuf se distend et s'élargit d'abord considérablement avant de se déchirer ; et reprend aussitôt sa forme première, dès que la compression cesse. Les acides et les alcalis ne l'attaquent que très-peu, et encore faut-il que leur action soit très-prolongée. Elle résiste très-longtemps à la putréfaction.

Les œufs du *D. lanceolatum* ont un opercule qui ne se manifeste par un trait circulaire foncé, que dans les œufs déjà un peu avancés, et qui occupe toujours le pôle vers lequel est tourné le côté aminci de l'embryon. Il y a donc par conséquent, au-dessous de l'opercule, toujours un capuchon granuleux, qui doit sortir le premier lors de l'éclosion, si toutefois, à ce moment, il existe encore.

42.

J'ai eu occasion d'observer, sur les œufs du *D. maculosum* des Hirondelles, plusieurs des faits que j'ai signalés à propos des premières phases du développement de l'œuf du *D. lanceolatum*, notamment la conformation du vitellus constitué par des paquets arrondis, mamelonnés, demeurant souvent distincts dans le commencement de l'évolution de l'œuf, et parsemés de grosses granulations graisseuses ; mais je n'ai pas trouvé dans l'oviducte d'état plus avancé dans aucun des individus que j'ai eus à ma disposition.

Notons en passant, que, dans le *D. hepaticum*, constamment associé au *D. lanceolatum*, et dont les œufs plus gros sont mêlés à ceux de ce dernier dans les canaux hépatiques du mouton, l'embryon ne se développe pas pendant le trajet de l'œuf dans l'oviducte très-court et peu replié de cette espèce. Les plus avancés présentent un vitellus ovoïde, transformé en cellules et remplissant toute la cavité de l'œuf, je n'y ai pu voir ni gouttelettes huileuses, ni capuchons polaires et plaques granuleuses, comme dans le *D. lanceolatum*.

Je n'ai pas non plus pu constater de quelle manière se forment les cellules embryonnaires. Les coques des œufs sont peu colorées, jaunâtres, et restent toujours molles et flexibles. Je n'ai jamais trouvé d'œuf, dans lequel il y eût la moindre apparence d'embryon, ceux qui étaient libres dans les canaux hépatiques et qui, par conséquent, avaient été pondus, n'étaient pas plus avancés. On voit donc par ces différences entre les œufs de deux Distomes vivant à côté l'un de l'autre, dans les mêmes conditions de nourriture et de milieu, que ce que j'ai dit du développement du *D. lanceolatum* ne doit pas être trop hâtivement généralisé à d'autres espèces, surtout en ce qui concerne la formation des cellules embryonnaires; l'analogie est ici un guide très-incertain, car il résulte des observations mêmes de Kölliker, sur le développement de l'œuf des Nématodes, qu'on peut rencontrer dans un même genre (Ascaris), des espèces présentant le mode ordinaire de formation des cellules embryonnaires, par segmentation du vitellus, à côté d'autres chez lesquelles ces cellules se forment spontanément et isolément dans le vitellus, sans segmentation de celui-ci.

43.

Le terme final du développement des œufs des Distomides, quelles que soient d'ailleurs les particularités qu'il peut présenter, est toujours, en définitive, un embryon, qui dans tous les cas observés jusqu'à présent, s'est montré entièrement différent de la forme adulte par son organisation et son genre de vie.

Les embryons des Distomides[1] sont très-petits microscopiques, de forme variable par suite de la contractilité de leur corps, et d'une organisation très-simple. La plupart ont la surface du corps garnie de cils vibratils très-fins. au moyen desquels ils nagent à la façon des infusoires, auxquels ils ont toujours été comparés et avec lesquels ils ont effectivement quelque analogie. Ils ne paraissent avoir ni cavité interne, ni orifice extérieur, et renferment généralement, dans leur intérieur, un ou plusieurs corps de nature encore indétermi-

[1] Ceci ne s'applique qu'aux embryons des Amphistomes, Monostomes et Distomes; nous ne possédons encore aucun renseignement sur les ceux des Holostomes.

née pour la plupart, et trop incomplètement connus et décrits pour que nous puissions indiquer leur signification d'une manière générale.

A part ce caractère d'être ciliés, commun à la grande majorité des embryons des Distomides encore observés, tous ceux qui ont été examinés avec soin, ont présenté des particularités d'organisation, qui exigent une mention spéciale et dont nous allons nous occuper.

44.

Le plus remarquable sous tous les rapports, et le seul qui ait encore été bien observé, est l'embryon du *Monostomum mutabile*, dont nous devons la connaissance à un travail remarquable de M. de Siebold[1], travail qui, quoique d'ancienne date, est et restera toujours, un des plus importants que la science possède sur la génération alternante des Trématodes, et dans lequel ce savant Zoologiste signala des faits nombreux et tout nouveaux sur les transformations ultérieures des embryons, faits qui ont jeté un grand jour sur le développement des Distomides, et que dans le cours de ce résumé, nous aurons souvent occasion de rappeler.

L'embryon du *Monostomum mutabile* (fig. 22) a environ $0^{mm},22$ à $0^{mm},25$ de long. Il est cylindriforme, un peu élargi et arrondi postérieurement; sa partie antérieure, tronquée, est découpée sur ses bords en six lobes arrondis et contractils, circonscrivant un enfoncement, duquel sort quelquefois une espèce de trompe. Un peu plus en arrière, on remarque deux taches pigmentaires quadrangulaires *(d)*, très-rapprochées l'une de l'autre et placées obliquement de manière à se toucher par leur angle antérieur interne. La surface du corps est entièrement recouverte de cils vibratils. Son tissu est homogène, finement granuleux, sans traces d'organisation.

Dans la partie élargie du corps de cet embryon, on remarque un autre corps *(c)* allongé, transparent, homogène, de forme conique, et qui paraît enfoui dans l'épaisseur même du tissu de l'embryon. Ce corps obtus du côté dirigé vers

[1] Wiegmanns, Archiv. 1835, I, p. 66, pl. I.

le bord antérieur de l'embryon, est plus large postérieurement où il présente trois prolongements dont l'un terminal et médian, plus long et recourbé, les deux autres dirigés obliquement en dehors, plus courts que le premier. Ce corps singulier dans lequel on ne pouvait remarquer aucune trace d'organisation, paraissait présenter des mouvements spontanés de contraction.

En suivant cet embryon pendant quelque temps, Siebold le vit bientôt cesser ses mouvements, son tissu diffluer, et se dissoudre dans l'eau, en entraînant les cils vibratils. Le corps particulier qu'il renfermait, loin de participer à cette décomposition de son tissu, se trouvait, au contraire, par ce fait, mis en liberté, et manifestait, par des contractions, une vitalité propre, très-évidente. Cette formation d'un organisme vivant au sein d'un autre organisme entièrement différent de lui, était donc un fait très-remarquable autant par sa nouveauté que par la singularité des conditions dans lesquelles il se présentait, et sur la signification duquel on ne pouvait encore avoir aucune donnée certaine, l'observation étant bientôt interrompue par la mort de ce corps énigmatique. Cependant la conformation toute particulière et caractéristique de cet organisme né dans un embryon cilié, conformation qui se retrouvait dans un terme de la série du développement des Distomides, déjà connu sous le nom de *Vers jaunes de Bojanus*, permit à Siebold d'entrevoir, entre ces deux formes, une analogie dont les observations subséquentes ont constamment augmenté la probabilité, si elles n'en ont pas encore donné une démonstration rigoureuse.

M. Van Beneden [1] a encore récemment eu occasion d'observer l'embryon du *M. mutabile* et a confirmé la plupart des faits déjà signalés par Siebold, mais sans pouvoir plus que ce dernier pousser l'observation au-delà de la libération du corps produit dans l'embryon cilié.

45.

L'embryon du *Dist. nodulosum*, observé pour la première fois par Nordmann,

[1] Quatrefages. Rapport du Concours de 1853. L. C. p. 24.

a environ $0^{mm},060$ de long sur $0^{mm},024$ de large ; il est elliptique, un peu aminci à une de ses extrémités, très-contractile, changeant constamment de forme, transparent, de structure homogène et couvert de cils vibratils longs et très-fins.

A peu près dans son tiers antérieur, il renferme un corpuscule de forme très-variable et irrégulière, de couleur foncée, parsemé de granulations noires et serrées, et qui a été regardé par Nordmann comme une tache pigmentaire. Dans les œufs de cette espèce que j'ai eu occasion d'observer moi-même récemment, et qui contenaient des embryons vivants et bien formés, ce corps m'a paru identique par sa structure avec ceux que j'ai décrits et figurés dans l'embryon du *Dist. lanceolatum,* mais sur la signification desquels je ne peux point encore me prononcer. Nordmann a constaté que les embryons du *Dist. nodulosum* supportent parfaitement le contact de l'eau, et y paraissent dans leur élément naturel. Il est en effet évident que, naissant dans l'intestin d'un poisson, ils doivent tôt ou tard arriver dans l'eau, soit déjà à l'état d'embryons libres, soit encore dans l'œuf ; je pencherais plutôt pour cette dernière supposition, car j'ai trouvé dans le mucus intestinal des perches qui renfermaient des *D. nodulosum,* beaucoup d'œufs de cette espèce, mais jamais d'embryons libres.

46.

L'embryon de l'*Amphistomum subclavatum,* long de $0^{mm},125$, et comme les précédents, de forme très-changeante et couvert de cils vibratils, renferme, d'après Siebold[1] un corps tubuleux que cet auteur regarde avec doute comme un corps germinatif analogue à celui de l'embryon du *Monostomum mutabile.* Des observations récentes de M. de Filippi, qui constatent tous les autres termes de la série du développement de l'*A. subclavatum,* et dont nous aurons à nous occuper plus tard, permettent de regarder la supposition de Siebold comme parfaitement fondée.

[1] Anat. Comp. (trad. franç.) T. I, p. 160.

47.

Un Distome très-curieux, découvert par M. Bilharz [1], dans la veine-porte de l'homme, au Caire, et remarquable par l'exception qu'il forme dans l'ordre des Trématodes, en ce qu'il est unisexuel, produit des œufs dont l'embryon est cilié, allongé et très-contractile (pl. IV, fig. 25, C.). C'est le ***Dist. hæmatobium*** (Bilh).

Les œufs de ce Distome (fig. 25, A, B.) longs de $0^{mm},11$ sur $0^{mm},04$ de large, sont ovoïdes, très-amincis à une de leurs extrémités, et ont été trouvés par M. Bilharz, amassés dans les points enflammés et fortement injectés du tissu de la muqueuse du gros intestin dans les cas de dyssenterie aigüe. Dans d'autres cas, étudiant un genre d'altérations pathologiques de la vessie, encore inconnues en Europe, le même observateur rencontra de semblables amas d'œufs accompagnés quelquefois d'individus adultes, dans le tissu de certaines excroissances molles et d'apparence fongueuse de la muqueuse vésicale, qu'il regarde comme dues à des dilatations ou varicosités des vaisseaux capillaires.

Ces amas d'œufs étaient souvent accompagnés d'embryons déjà éclos. Ceux-ci sont allongés, ovoïdes, plus larges antérieurement et pourvus d'un prolongement en forme d'une trompe un peu creusée en ventouse à son extrémité ; amincis et arrondis postérieurement (fig. 25, C.), à corps très-contractile, de forme changeante et recouvert de cils vibratils au moyen desquels il progresse dans l'eau très-rapidement et en tournant sur son axe. Dans la portion élargie de l'embryon, on remarque deux corps allongés, pyriformes (fig. 25, C, *a)* prolongés par une tige mince dirigée vers l'extrémité antérieure.

48.

On a encore constaté la présence de cils vibratils chez les embryons du ***Distomum cygnoïdes*** [2] (fig. 24, pl. IV de ce Mém.), du ***Dist. longicolle*** [3], et ***globipo-***

[1] Sieb. Zeitsch. t. IV, p. 59.

[2] Dujardin. Ann. Sc. Nat. 2e Série, t. VIII, p. 303, pl. IX, fig. 3.

[3] Siebold. Anat. comp. T. I., p. 158.

rum [1], et du *Dist. hyans* [2], mais, faute de renseignements, nous ne pouvons donner de plus amples détails sur leur organisation.

Il nous reste encore à parler de quelques autres embryons de Distomides, qui ne paraissent pas présenter la même particularité que les précédents.

49.

Ce sont d'abord : l'embryon du *Dist. tereticolle* [3], qui est vermiforme, entièrement dépourvu de cils vibratils, et ne se meut que très-lentement par les contractions de son corps. Kölliker signale dans son intérieur une forme obscure, étendue dans sa longueur, et qu'il regarde avec doute comme un pharynx et un intestin.

Il faut rapprocher de la précédente, l'observation de Nordmann sur les œufs du *Dist. rosaceum* [4] (qui paraît n'être qu'une variété du Dist. tereticolle), dans l'intérieur desquels cet auteur, sans pouvoir discerner encore la forme de l'embryon, a remarqué un corps à contours plus foncés que le reste du tissu, arrondi et bifide à une de ses extrémités (fig. 23; *a*).

Les embryons du *Dist. cylindraceum* [5], munis d'une petite trompe rétractile, sont également dépourvus de cils, et se meuvent très-lentement.

50.

Enfin, nous devons encore signaler quelques embryons observés seulement dans l'œuf avant d'avoir atteint le terme de leur développement, et chez lesquels par conséquent, la présence ou l'absence de cils vibratils n'a pu être constatée positivement.

[1] Creplin. Ersch et Gruber. Encycl. XXIX, p. 324.

[2] Mehlis. Isis 1831, p. 190.

[3] Kölliker. Müllers Archiv. 1843, p. 99.

[4] Nordmann. Mikrog. Beiträge, t. I, p. 87.

[5] Siebold. Phys. de Burdach. (tr. franç.), t. III, p. 57.

Dans ce cas se trouvent les embryons du *D. perlatum*[1], du *D. lucipetum*[2], chez lequel Dujardin signale une tache pigmentaire située au milieu de sa partie la plus large; enfin, celui du *Dist. lanceolatum,* dont nous avons déjà parlé plus haut (§ 33).

51.

Le résultat le plus général de tous les faits que nous venons de rappeler, est que les Distomides produisent des embryons entièrement différents d'eux sous tous les rapports, et qui devront subir des transformations considérables avant de revenir à leur point de départ, transformations qui portent, non pas sur l'embryon entier, mais sur un organisme nouveau naissant de toutes pièces dans son intérieur, et survivant à sa mort. Si la production de cette nouvelle forme au sein de la première n'a pu être encore constatée que dans les embryons du *Monostum mutabile* et de l'*Amphist. subclavatum,* il n'est pas sans intérêt de remarquer que dans les autres on rencontre presque toujours des corps distincts par leur nature du reste du parenchyme de l'embryon, ce qui les distingue prncipalement de certains infusoires dont ils se rapprochent d'ailleurs par leur forme, leur genre de vie et la simplicité de leur organisation. Si l'observation n'a pas encore pu suivre directement la destination du corps vivant ainsi produit dans l'intérieur de l'embryon, il est un certain nombre de faits qui, reprenant la série du développement à ce point où elle était restée, et la poursuivant au-delà, ont permis de confirmer ce qu'une simple analogie dans la forme avait d'abord laissé entrevoir, en démontrant que la forme nourrice des Distomides provient directement d'un animalcule cilié, semblable à un infusoire, se produit dans son intérieur, et survit à sa mort. Par conséquent, on en peut conclure avec certitude que l'organisme qui naît dans l'embryon du *M. mutabile,* est bien une nourrice, comme l'avait fait pressentir sa forme si caractéristique, qui se retrouvait dans d'autres nourrices antérieurement connues.

[1] Nordmann. Mikrog. Beiträge. T. I, p. 94.

[2] Dujardin. Hist. nat. des Helminthes, p. 401.

Ces deux séries d'observations se complètent l'une l'autre : la première constatant des embryons ciliés chez les Distomides, et la naissance d'un organisme tubuleux dans leur intérieur ; la seconde constatant la naissance des sporocystes ou nourrices dans des êtres ciliés, en tous points semblables à des embryons.

52.

Steenstrup a trouvé, dans les différents organes internes des Anodontes, une quantité de petits animalcules couverts de cils vibratils, réniformes, qu'il compare à des *Paramæcium*, qu'il a vus perdre leurs cils vibratils, devenir immobiles et se transformer en corps ovoïdes, rigides, en apparence morts. En suivant ces derniers, il les vit grossir, et graduellement devenir les sporocystes du *Dist. duplicatum*, comme nous le verrons plus tard en traitant de cette forme et de son développement avec plus de détails.

M. de Filippi [1] vient, récemment, de signaler des faits analogues au précédent, au sujet des sporocystes de la *Cercaria virgula*, qu'il a vus provenir directement de la transformation d'un être infusoréiforme, voisin des Opalines. Il dit également avoir trouvé dans un mollusque *(Lymnæus palustris)* rempli de nourrices (Rédies), un corps encore garni de cils vibratils, semblable à un infusoire mort, et dans l'intérieur duquel se trouvait une forme qui rappelait celle d'une jeune Rédie.

53.

La conclusion évidente de ce qui précède, est que ces êtres infusoréiformes, se transformant en des organismes qui appartiennent à la série du développement des Distomides, sont bien les embryons de ceux-ci, et point des infusoires, quelques grandes que soient d'ailleurs leurs analogies avec certaines formes, surtout avec celles dont on a fait, sous le nom d'Opalines, un genre dans le système des Infusoires, et qui sont caractérisées par l'absence de bouche, par

[1] Lettre à M. Edwards. Ann. Sc. Nat. 4e Série, t. III, p. 112.

la présence constante d'un corps de nature différente du reste de leur tissu, de forme variable suivant les espèces, et par leur genre de vie parasite. Ces différents caractères sont précisément ceux que présentent tous les êtres infusoréiformes positivement reconnus pour des embryons de Distomides, de sorte qu'on est conduit à se demander si les espèces du genre Opalina, qui font exception à l'organisation générale des Infusoires, et constituent un groupe tout-à-fait à part dans cet ordre, n'auraient pas une signification autre que celle qui leur est généralement attribuée, et ne seraient pas des formes embryonnaires d'autres animaux, particulièrement celles des Distomides, avec lesquelles elles ont de si grands rapports [1].

Sans vouloir tirer des conclusions prématurées d'un rapprochement qui n'est encore appuyé d'aucune observation positive, nous croyons utile d'indiquer ici quelques observations intéressantes sur quelques-uns de ces êtres ciliés *opalinoïdes,* provisoirement regardés comme des Infusoires, et qui, par certaines particularités de leur organisation, se rattachent beaucoup plus aux formes embryonnaires dont nous nous occupons, qu'à tous les autres Infusoires.

54.

Dans ce cas, se trouvent plusieurs formes parasites de quelques Planaires marines (*Pl. torva* et *ulvæ)* observées par M. M. Schültze dans la mer Baltique. Ces infusoires que cet auteur range dans les Opalines, tout en reconnaissant qu'ils paraissent bien plutôt être des termes embryonnaires de la série du développement

[1] Quelle que soit la signification réelle de ces êtres actuellement désignés sous le nom d'*Opalines*, cette dénomination pourra toujours leur être conservée, quand même l'observation viendrait à démontrer que ce sont des formes embryonnaires; seulement, dans ce cas, ne représentant plus un groupe zoolologiquement distinct, mais une forme transitoire, elle ne servirait plus qu'à exprimer d'une manière abrégée un état particulier de développement qui, autrement, exigerait pour être défini une périphrase plus ou moins longue. Le terme Opalina rentrerait, par conséquent, dans la catégorie de beaucoup d'autres noms, qui, créés pour des formes d'abord crues des êtres complets, sont restés ensuite pour exprimer les états transitoires d'autres formes adultes et depuis longtemps connues. Ainsi le terme *Strobila*, qui exprime maintenant un état transitoire du développement d'une Méduse; *Scolex*, nourrice d'un Cestode, etc. Si, au contraire, les Opalines sont bien des formes complètes, sans relations génésiques avec aucune autre, le terme *Opalina* restera pour désigner un genre dans le système général des Infusoires.

d'autres animaux, présentent au plus haut degré les particularités qui différencient les Opalines des infusoires en général.

L'*Opalina polymorpha* (Schültz), dont les dimensions varient de $0^{mm},20$ à $0^{mm},66$, a une forme allongée, très-changeante par suite de la contractilité de son corps, très-transparent, finement granuleux, contenant beaucoup de vésicules creuses, recouvert de cils vibratils irrégulièrement disposés à sa surface, et sans aucune ouverture extérieure ou bouche.

Dans l'épaisseur de son tissu, on remarque un long vaisseau contractile allant d'une extrémité à l'autre du corps, et le plus souvent un corps ovoïde creux situé dans sa partie postérieure, transparent d'abord, puis devenant toujours plus opaque par la formation de granulations foncées dans son intérieur. Ce corps intérieur est le résultat d'un développement qui ne se manifeste qu'au bout d'un certain temps et dans les individus qui ont atteint une certaine taille; il n'existe pas chez les jeunes. Dans un seul cas, M. Schültze a observé deux de ces corps dans le même individu, qui paraissait en voie de division spontanée.

Dans l'*Op. uncinata*, longue de $0^{mm},2$, ovoïde, qui habite l'intestin de la *Planaria ulvæ*, et qui est remarquable par la présence de deux crochets très-durs de longueurs inégales, dans sa partie antérieure, M. Schültze a également constaté quelquefois un corps interne transparent, un long vaisseau contractile, et la division spontanée.

Une troisième espèce, habitant la *Naïs littoralis* de la mer Baltique, et nommée par M. Schültze *Opalina lineata*, renferme dans son intérieur un corps allongé, très-nettement circonscrit, pyriforme et présentant dans sa partie renflée des stries longitudinales, très-marquées, qui s'effacent graduellement et se perdent vers son extrémité amincie. Comme dans les précédentes, ce corps manque dans les jeunes.

55.

Les corps d'apparence spongieuse, placés dans l'axe du corps de deux espèces d'infusoires très-voisins des précédents et parasites des Lombrics, les *Leucophris nodulata* et *striata*, et dont la persistance, après la décomposition du parenchyme et de

l'enveloppe ciliée, avait déjà été antérieurement observée par Dujardin[1], méritent également, au point de vue qui nous occupe, d'être pris en considération.

56.

Il faut encore rapporter à cette même forme des Opalines un animalcule cilié que j'ai rencontré, dans le courant du printemps de 1854, sur lès parois d'un bocal dans lequel étaient renfermées quelques limaces grises. Ces petits organismes se trouvaient au nombre d'une cinquantaine environ, emprisonnés dans une traînée de mucus déposée par les limaces, et se montraient à l'œil nu comme de petits points arrondis d'un blanc opaque, qui me frappèrent comme quelque chose de différent de ce qu'on rencontre habituellement dans les déjections toujours très-abondantes de ces mollusques. En examinant ces points blancs au microscope pl. 4, fig. 21, A), je reconnus que chacun d'eux était un petit organisme infusoréiforme, ayant de $0^{mm},035$ à $0^{mm},050$ de diamètre, couvert de cils vibratils, très-contractile, changeant constamment de forme et doué d'un mouvement continuel, mais lent, de rotation sur son axe. Parmi leurs perpétuels changements de forme, il en est une à laquelle ils revenaient plus fréquemment et qui paraissait être leur forme naturelle; c'était celle d'un ovoïde peu allongé, prolongé en un petit appendice pointu à une de ses extrémités. Les cils vibratils dont toute la surface de leur corps était recouverte, étaient assez courts mais bien distincts et constamment en mouvement. Il n'y avait nulle part aucune trace d'une bouche. Le tissu de leur corps, jaunâtre, très-contractile et et dans lequel se formaient fréquemment des vésicules pulsatiles sphériques transparentes, qui paraissaient et disparaissaient alternativement comme dans les vrais infusoires, était parsemé de granulations noirâtres qui le rendaient très-opaque, et laissaient difficilement entrevoir le contour plus foncé d'un corps intérieur (fig. 21, *a*), ovoïde, qui se trouvait constamment dans les plus grands individus, mais manquait dans les petits.

En comprimant ces animalcules, leur corps s'écrasait en diffluant et mettait en liberté ce corpuscule intérieur dont il devenait alors facile d'étudier la structure.

[1] Ann. des Sc. Nat. 2e série, t. IV, p. 370, et Hist. nat. des Infusoires.

Ce petit corps (fig. 21, B), long de 0,^{mm}015 à 0,^{mm}026 sur 0,^{mm}013 de large, ovoïde ou un peu réniforme, à contours très-nets, transparent, très-finement granuleux et beaucoup plus consistant que le reste du tissu de l'animal entier, renfermait à son intérieur un autre corpuscule beaucoup plus petit, d'environ 0,^{mm}007, de forme allongée, très-transparent, à contours très-nets, et contenant généralement deux granulations foncées et assez grosses, dans son intérieur.

Mis dans l'eau, ces animalcules se mirent à nager avec rapidité, au moyen de leurs cils, et y vécurent parfaitement bien pendant assez longtemps; mais, obligé d'interrompre mon observation, lorsque je voulus la reprendre le lendemain, je trouvai mes Opalines desséchées, un accident ayant dérangé l'appareil qui devait garantir contre l'évaporation la petite quantité d'eau dans laquelle je les avais placées.

Le bocal dans lequel j'avais trouvé ces Opalines renfermant plusieurs limaces, je n'avais aucun moyen de déterminer laquelle les avait produites; mais il n'est pas sans intérêt de remarquer que c'est précisément sur l'une de ces mêmes limaces que je devais quelques jours plus tard, trouver les Sporocystes très-singuliers qui font l'objet de la seconde partie de ce travail (pl. VIII).

Quoi qu'il en soit de cette coïncidence, qui semble indiquer la possibilité d'une relation génésique entre les Opalines et les Sporocystes dont nous parlons, probabilité à laquelle quelques faits analogues cités plus haut (§ 52, 53) viennent ajouter un nouveau poids, l'absence de l'observation directe ne nous permettant pas d'établir une pareille relation, nous devons pour le moment regarder ces différentes formes comme entièrement distinctes, et nous laisserons l'être infusoréiforme dans le genre Opalina, créé pour ces Infusoires exceptionnels par leur organisation et leur genre de vie, et auquel, à ces divers titres, il appartient complètement.

57.

Pour terminer cette énumération relative aux Opalines et à leurs rapports avec d'autres termes de la série du développement d'autres animaux, il nous

reste à mentionner une observation de Steenstrup [1], qui a rencontré dans les tentacules du *Succinea amphibia* un Infusoire voisin de l'*Opalina ranarum*, et dont la présence en ce lieu peut, aux mêmes titres que le précédent, n'être pas sans rapport avec une forme nourrice très-remarquable, tout-à-fait spéciale à ce mollusque, et connue sous le nom de *Leucochloridium paradoxum* (Carus).

Je dois encore à l'obligeance de M. le professeur Vogt communication d'une observation analogue qu'il vient de faire sur la *Paludina vivipara*, dans l'intestin de laquelle il a rencontré en nombre une Opaline remarquable par quelques détails de structure, mais, du reste, semblable par sa conformation générale à toutes celles dont nous avons déjà parlé.

58.

Les faits que nous avons signalés dans ce chapitre, et qui, quoique peu nombreux, suffisent cependant pour constituer un ensemble assez suivi, pour que nous puissions déjà saisir les rapports de la phase embryonnaire des Distomides avec la phase suivante, également transitoire, peuvent se résumer ainsi :

L'embryon provenant directement de l'œuf est semblable à un Infusoire par la simplicité de son organisation, sa forme et son appareil locomoteur, au moyen duquel il peut, dans un milieu liquide, se transporter à une certaine distance de son point de départ. Les rapports de l'embryon avec la forme qui le suit dans la série du développement de l'espèce paraissent être de deux sortes. Dans un cas (*Monost. mutabile*), ces rapports sont indirects, c'est-à-dire que l'embryon proprement dit meurt en laissant intact un corps qui a pris naissance dans son intérieur, qui se substitue à lui, et sur lequel seul porteront toutes les transformations ultérieures dont le terme sera le retour vers la forme de l'espèce adulte.

Dans l'autre cas (*Dist. duplicatum*), il y a rapports de continuité directe entre l'embryon et la forme qui doit lui succéder dans la série du développement, en ce

[1] Generationswechsel etc. L. C., p. 105.

sens que cette dernière, au lieu de se substituer à l'embryon, paraît en provenir par une simple métamorphose.

Quoiqu'il en soit de ces deux modes, le résultat est toujours le même, c'est-à-dire qu'à la forme embryonnaire libre succède une forme parasite privée de moyens locomoteurs, vivant dans un milieu différent de celui de l'adulte, et dans lequel elle n'a pu être transportée que pendant la forme embryonnaire.

C'est cette nouvelle forme parasite que nous allons maintenant examiner dans le chapitre suivant.

CHAPITRE TROISIÈME.

Forme Nourrice.

SPOROCYSTES ET RÉDIES. (TAB. V ET V BIS.)

Vers jaunes de Bojanus. (Königsgelberwürmer. Boj.) *Sacs*, *Hydatides*, *Souches germinatives* (Keimstocken). Baer. *Tubes ou Vésicules à Cercaires* (Cercarienschlauchen). Sieb. *Leucochloridium* (Carus). *Scolex* (Van Beneden).

59.

La deuxième phase du développement des Distomides, qu'un petit nombre de faits rappelés dans le chapitre précédent nous permettent maintenant de rattacher d'une manière à peu près certaine à la forme embryonnaire, comprend des formes dont la vraie signification, longtemps obscure, a été pour la première fois clairement établie par Steenstrup, qui, reconnaissant chez les Trématodes un mode de développement exactement semblable à celui des Hydroméduses, démontra la corrélation des formes dont nous parlons avec la forme *polypaire* de ces derniers, et les comprit sous le nom commun de *Nourrices* (Amme).

60.

Cette phase transitoire, tout-à-fait spéciale aux animaux inférieurs, a une signification toute différente de celle des états transitoires antérieurement connus chez les animaux subissant des transformations, et désignés d'une manière générale sous le nom de *larves* ou *états larvaires*. En effet, une larve est une

forme transitoire qui devient, par des métamorphoses graduelles et non interrompues, un individu adulte de l'espèce à laquelle elle appartient. La larve, se transformant elle-même toute entière, ne meurt donc pas; elle et l'adulte sont le même être modifié.

La *nourrice*, au contraire, est une forme transitoire qui dérive de la forme embryonnaire, mais qui demeure la même pendant toute sa durée, et ne se métamorphose pas; elle a pour usage de produire de nouvelles formes, qui, par la suite de leur développement, arrivent individuellement, par métamorphose, à la forme adulte.

La *nourrice* sort ensuite de la série du développement, laissant à sa place pour continuer celui-ci, ces nouvelles formes tout-à-fait différentes d'elle, dont chacune retournant individuellement et par métamorphose à la forme adulte, sans autre intermédiaire, représente, par conséquent, exactement l'état *larvaire*.

Les états de *nourrice* et de *larve*, sont donc deux choses bien différentes, puisqu'elles existent ensemble comme termes distincts dans la même série de développement.

61.

Il résulte de ce qui précède, que le développement des animaux que nous examinons est caractérisé par une augmentation dans le nombre des phases ordinaires, due à l'intercalation d'une nouvelle phase entre les formes *embryonnaire* et *larvaire*, qui, dans la plupart des autres séries de développement, dérivent directement l'une de l'autre. C'est cette nouvelle phase, qui n'est assimilable à aucun des autres états antérieurement connus, d'*embryon* ou de *larve*, puisqu'elle n'en remplace aucun, qu'on a désignée sous le nom de *nourrice*, et qui se présente partout où elle existe, avec les mêmes caractères essentiels, de provenir de la forme embryonnaire, et de produire les formes larvaires de l'espèce, ou tout au moins les formes destinées à revenir elles-mêmes à l'état adulte, c'est-à-dire les *Cercaires* dans les Distomides; les articulations du *Strobila* (larves de Méduses) dans les Hydroméduses; les articulations du *Tænia* ou *Proglottis*, dans les Cestodes. Dans aucun cas, la *nourrice* ne prend part elle-même aux

transformations ultérieures, elle conserve toujours sa forme et sa nature primitives pendant toute la durée de son existence [1].

La signification de l'état nourrice étant ainsi établie, nous devons, avant d'entrer dans la description des formes spéciales et assez nombreuses qui représentent

[1] Ces caractères fondamentaux de l'état *nourrice*, d'être l'intermédiaire entre l'embryon et la forme larvaire, et de produire celle-ci, sans prendre elle-même aucune part aux transformations ultérieures, présentent quelques variations dans les trois ordres des Trématodes, des Cestodes et des Hydroméduses.

Dans les Trématodes, la Nourrice produit les larves dans son intérieur, sous forme de gemmes libres et distinctes; dans les deux autres ordres, les nourrices produisent les larves par gemmation externe.

Il résulte de cette différence dans la disposition réciproque du produisant et des produits, que, chez les uns, les larves naissant dans une cavité limitée, ne peuvent être produites qu'en nombre limité, et à un moment déterminé; car la nourrice, ne tardant pas à être modifiée dans sa structure par la croissance même de son contenu, dont le développement, distendant ses parois, les comprime et les désorganise rapidement, perd ses propriétés génératrices. La génération des larves n'est donc possible que pendant que le tissu de la nourrice encore intact jouit de toutes ses propriétés vitales, et cesse dès que leur développement a commencé. Comme conséquences de la production interne des larves chez les nourrices des Trématodes, nous trouvons donc production limitée de larves, dont le développement, entièrement aux dépens de la nourrice, met un terme à l'existence de celle-ci, d'abord comme organe physiologique producteur des larves, plus tard comme organisme vivant.

Au contraire, dans les nourrices qui produisent des larves par gemmation externe, le développement de celles-ci ayant lieu dans le milieu ambiant, leur croissance n'est nullement préjudiciable à la nourrice, et n'entraîne pas sa désorganisation; il en résulte que celle-ci, demeurant intacte, conserve plus longtemps ses propriétés génératrices, et peut donner naissance à une grande suite de formes larvaires; c'est ce que nous voyons dans certains Cestodes (chez lesquels le *Scolex* primitif peut pousser un nombre immense de *Proglottis*, dont la réunion constitue les Tœnias ou Vers rubannaires), et à un moins haut degré chez les Hydroméduses.

Dans les nourrices de cette seconde catégorie qui produisent des formes larvaires par bourgeonnement externe, celles-ci demeurent fixées à la nourrice jusqu'à ce qu'elles aient atteint un degré d'organisation qui leur permette de vivre par elles-mêmes dans le milieu ambiant. Il en résulte donc que la nourrice se trouve porter une série de gemmes ou de jeunes larves avec lesquelles elle forme un tout unique, vivant, une colonie dans laquelle la nourrice représente aussi un individu distinct, ou un organe, car elle est pourvue de moyens de fixation qui manquent aux autres individus, et au moyen desquels toute la colonie est fixée. (Nous retrouvons donc ici cette confusion entre les organes et les individus, si remarquable dans certaines aggrégations d'animaux, dans lesquelles on trouve plusieurs catégories d'individus chargés de fonctions spéciales, les uns locomoteurs, les autres nourriciers, les autres reproducteurs; de sorte qu'on peut presque envisager la colonie comme un individu total, dont les individus partiels sont des organes.)

Cette association physique de la nourrice et de ses produits, qui s'observe dans les Hydroméduses et les Cestodes, est temporaire chez les premiers, où elle constitue l'organisme qui a été découvert et décrit par Sars sous le nom de Strobila, et qui est formé par un polype fixe (nourrice), surmonté d'une plus ou

cet état dans les Distomides, nous fixer sur le nom que nous devrons leur donner, et faire un choix parmi tous ceux qui leur ont été successivement attribués par les différents auteurs.

62.

En première ligne, le nom de *nourrice*, qui leur a éte donné par Steenstrup, et qui exprime bien leur vraie signification, sans rien préjuger sur leur forme et leur organisation, variables suivant les espèces, serait le plus convenable, si, par sa généralité même, il ne se trouvait exprimer une phase de développement qui n'est point particulière aux Trématodes, mais existe dans d'autres ordres d'animaux sous des formes très-différentes, et auxquelles il doit, comme l'avait fait déjà Steenstrup, être également appliqué. Il ne convient donc pas de localiser comme nom spécial dans un groupe d'animaux un terme qui a une signification beaucoup plus générale, et qui comprend plusieurs autres formes toutes différentes

moins grande quantité d'articulations, lesquelles, en se développant, deviennent chacune une jeune Méduse, et se séparent les unes des autres pour se répandre dans le milieu ambiant. Dans les Cestodes, l'association est généralement définitive, et constitue ce qu'on nomme les Vers rubannaires; chaque articulation se développe et acquiert ses organes génitaux sans se séparer ordinairement de ses voisines, quoiqu'il paraisse que cela ait lieu quelquefois. Les Cestodes définitifs sont donc tout-à-fait comparables à l'état passager des Méduses connu sous le nom de Strobila, et c'est avec raison que Van Beneden leur a appliqué ce nom, qui consacre et exprime cette analogie. La nourrice (Scolex) reste à la tête de la colonie sériale des Proglottis qu'elle a produits, dans laquelle elle joue encore ici le rôle d'organe fixateur. En suivant et comparant de cette manière les diverses phases du développement des Cestodes, on reconnait bien évidemment que ces animaux sont une association d'individus, et non un individu unique, individus tous sexuels, excepté la tête (nourrice), qui est ce qu'elle a toujours été, une forme du développement, forme qui, au lieu de disparaître, comme dans les Trématodes, par suite de ses rapports de situation avec les larves, continue à vivre avec elles et demeure comme individu distinct dans la colonie.

La différence principale entre la nourrice des Trématodes et les autres nourrices, gît donc dans les rapports de situation réciproque qui existent entre elles et leurs larves; dans l'une, les larves étant produites dans son intérieur, ne peuvent se développer que par son intermédiaire, en nombre limité, et occasionnent par leur croissance la mort de la nourrice. Dans les autres, les larves naissant à l'extérieur, ne détruisent pas la nourrice, se produisent constamment et empruntent une partie des éléments nécessaires à leur croissance au milieu ambiant.

Dans aucun cas, la nourrice ne se transforme elle-même; car, même dans les Cestodes où elle ne meurt point, mais reste encore comme organe ou individu distinct dans la colonie des Proglottis génésiques, elle ne change jamais ni de forme ni de structure, mais elle conserve indéfiniment ses caractères de Scolex, telle qu'elle était avant d'avoir produit les Proglottis.

appartenant à d'autres séries analogues de développement, et portant dans chacune un nom spécial, forme *Polype* dans les Hydroméduses, *Scolex* dans les Cestodes, *Polype* et *Scolex* signifiant toujours une *nourrice*. Pour l'uniformité et la commodité, nous conserverons donc, à la forme nourrice des Distomides un nom spécial, et nous adopterons celui de *Sporocystes*, qui exprime les caractères principaux de ces organismes, d'être des enveloppes creuses produisant des gemmes internes assimilées pour cette raison à des spores; et que sa brièveté rend bien préférable aux dénominations plus longues de *Vers jaunes* (Boj.); *Vésicules à Cercaires* (Cercarienschlauchen. Sieb.); *Larves cylindriformes* ou *Tubes germinatifs* (Sieb.); *Souches germinatives* (Keimstocken. Baer), etc., etc., sous lesquelles les nourrices ont été successivement désignées.

63.

M. Van Beneden [1] s'est servi dans ces derniers temps, pour désigner d'une manière générale les différentes formes transitoires du développement des Trématodes, des Cestodes et des Hydroméduses, des dénominations spéciales sous lesquelles elles sont plus particulièrement connues dans les Cestodes, c'est-à-dire qu'il substitue aux termes d'*embryon*, de *nourrice* et de *larve*, ceux de *Proscolex*, de *Scolex* et de *Proglottis*, que, dans un travail antérieur sur les Cestodes, il avait appliqués à trois formes du développement de ces animaux correspondant aux états d'embryon, de nourrice et de larve [2].

Cette extension de ces noms spéciaux nous paraît peu heureuse, parce qu'elle

[1] Rapport de M. de Quatrefages. L. C. p. 21.

[2] Ces expressions de Proscolex, Scolex et Proglottis, sont très-convenables et utiles à conserver avec l'acception qu'elles avaient lors de leur introduction primitive comme termes abrégés pour désigner d'un seul mot les formes particulières qu'affectent ces différents états de développement dans l'ordre des Cestodes, et qui, autrement, ne pourraient l'être que par une locution plus longue, comme Embryon, Nourrice ou Larve d'un Cestode; de même que nous désignons sous les noms Sporocyste et Cercaire les nourrices et les larves des Distomides. De cette manière, on sait tout de suite, lorsqu'on parle de *Scolex*, qu'il s'agit de la forme nourrice d'un Cestode, et de *Cercaire*, qu'il s'agit de la forme larvaire d'un Trématode, etc., etc.

n'a en définitive d'autre résultat que celui de substituer à des termes généraux d'une signification très-claire et connue, et qui expriment immédiatement la valeur relative des formes transitoires auxquelles on les applique, et leurs analogies avec des états correspondants d'autres séries de développement, des termes arbitraires dont il faut définir le sens, et qui n'éveillent aucune idée de comparaison avec les phases analogues qui peuvent exister dans le développement des animaux en général. De cette manière, tout en mettant en évidence les rapports qu'ont entre elles les trois séries de développement des Trématodes, des Cestodes et des Hydroméduses, on méconnaît complètement leurs rapports avec celles de beaucoup d'autres animaux qui présentent au moins deux phases semblables, les formes *embryonnaire* et *larvaire*.

Ainsi, en nommant *Proscolex* la forme produite par l'œuf d'un Trématode ou d'un Cestode, rien dans cette expression n'indique qu'il s'agisse d'un embryon, et il faudra définir ce terme et expliquer quels sont ses rapports avec l'œuf, rapports qui sont immédiatement indiqués par le terme d'embryon, lequel établit en même temps l'analogie de cette forme avec tous les états correspondants du développement des animaux en général.

De même, substituer au terme *larve* celui de *Proglottis*, dont la définition sera la même que celle du premier, c'est remplacer un terme clair et précis par un synonyme qui n'est ni l'un ni l'autre.

Dans les trois ordres précités, le développement est compliqué d'une phase particulière sans analogue ailleurs, et à laquelle Steenstrup a très-heureusement appliqué le terme de *nourrice*. Cette dénomination, qui a les mêmes avantages de clarté, de précision et de généralité que celles d'embryon et de larve, est, aux mêmes titres que ces dernières, préférable comme désignation générale de l'état de développement dont il s'agit, à celle de Scolex que lui applique Van Beneden, et qui, comme les précédentes, est empruntée à la terminologie spéciale des phases transitoires du développement des Cestodes.

64.

Nous désignerons donc désormais sous le nom de *Sporocystes* la forme nour-

rice des Distomides en général; c'est-à-dire un organisme vivant qui provient toujours de la forme embryonnaire, et dans lequel prennent naissance et se développent des formes nouvelles différentes de lui, qui sont individuellement destinées à revenir à la forme adulte de l'espèce par métamorphose directe et sans nouvel intermédiaire, et qui sont par conséquent de véritables *larves*.

On peut distinguer parmi les Sporocystes actuellement connus, deux types principaux, qui sont les SPOROCYSTES SIMPLES, et les Sporocystes pourvus d'un appareil digestif, ou RÉDIES.

65.

I. Les *Sporocystes simples*, ou Sporocystes proprement dits, sont d'une structure très-élémentaire, dépourvus de tout organe digestif, et consistent en une enveloppe vivante ordinairement contractile dans le jeune âge, sur laquelle se trouve quelquefois un petit orifice jouant le rôle de ventouse.

A ce type, on peut rapporter deux formes bien caractérisées par leur apparence extérieure :

1° Les *Sporocystes sacciformes*, les plus simples de tous, qui sont ovoïdes, quelquefois cylindriques, et sont toujours en forme de sac peu étendu vivant librement dans les tissus, quelquefois fixés par une petite ventouse rudimentaire.

2° Les *Sporocystes tubuliformes*. Sous ce chef on peut réunir deux formes très-singulières, qui, quoique très-dissemblables par leur aspect et leur conformation, sont toutes deux en forme de tubes allongés et ramifiés, acquérant toujours un développement considérable, et toutes deux, quoique d'une manière différente, fixées aux tissus des animaux qu'elles habitent.

La première forme est celle des Sporocystes des Bucéphales, qui consistent en tubes filiformes ramifiés, minces et très-allongés, présentant çà et là des dilatations dans lesquelles sont renfermées les jeunes larves. Ces tubes et leurs ramifications s'insinuent, à mesure qu'ils s'accroissent, entre les éléments des tissus de l'animal qu'ils habitent, de manière à faire avec eux un tout inextricable qui rend tout déplacement du Sporocyste impossible.

La seconde forme est celle nommée *Leucochloridium paradoxum* par Carus, et consiste en tubes contractiles, cylindriques, assez longs, formés de deux portions distinctes, mais continues; l'une, beaucoup plus large, fermée à son extrémité libre; l'autre, plus étroite, comme une pédicelle; et fixés entre eux par l'extrémité de leur portion pédicelliforme, de sorte que l'ensemble des Sporocystes habitant le même mollusque forme une touffe unique, qui est elle-même fixée sur un point déterminé de sa cavité interne.

66.

II. Les Sporocystes pourvus d'un appareil digestif, ou Rédies [1].

Les Sporocystes connus appartenant à ce type sont encore peu nombreux, généralement ovoïdes ou cylindriques, quelquefois pourvus d'un ou deux appendices latéraux saillants et d'un prolongemont en forme de cou à l'extrémité antérieure. Celle-ci présente un orifice buccal placé au centre d'une espèce de masse musculaire formant ventouse, qui est en rapport avec un sac fermé postérieurement, plus ou moins allongé, et flottant librement dans la cavité interne du corps de la Rédie.

67.

Les Sporocystes sont des organismes de taille généralement faible; presque microscopiques pour la plupart, un petit nombre seulement (Bucephalus, Leucochloridium) atteignent des dimensions un peu considérables. Leur forme la plus ordinaire est celle d'un sac arrondi ou ovoïde, quelquefois cylindrique, quelques-uns sont tubuleux, filiformes et ramifiés.

D'une organisation très-simple, on ne leur reconnaît qu'une enveloppe circon-

[1] Nous conservons ici ce terme de Rédie donné par Filippi à une forme qu'il avait prise d'abord pour un organisme spécial, et à laquelle il conserva ce nom, lorsque plus tard il reconnut sa signification comme Sporocyste, en l'étendant aux formes analogues construites sur le même type, c'est-à-dire à tous les Sporocystes pourvus d'un sac stomacal. Le terme de Rédie n'exprime donc point un état particulier différent du Sporocyste, mais sert simplement à désigner d'un seul mot les Sporocystes les plus élevés en organisation, et chez lesquels il y a un appareil digestif.

scrivant une cavité intérieure. L'enveloppe, contractile, est formée d'un tissu presque homogène, demi-transparent à la lumière transmise, ordinairement d'un blanc opalin à la lumière directe, quelquefois jaunâtre ou brunâtre, et présente dans un cas (Leucochloridium) des taches ou des portions colorées. La cavité interne des Sporocystes renferme un liquide granuleux dans lequel naissent des masses sphériques ou gemmes, destinées à se métamorphoser plus tard en cercaires ou larves.

Toujours dépourvus d'un appareil locomoteur, les Sporocystes ne se meuvent que par les contractions de leur corps ; leur motilité est du reste très-faible et souvent nulle.

Un petit nombre seulement (Rédies) possède un appareil digestif, consistant en une bouche cupuliforme entourée d'un renflement musculaire, et conduisant dans un sac intestinal, plus ou moins volumineux, toujours fermé en cœcum à son extrémité postérieure, et flottant librement dans la cavité intérieure de la Rédie. Ce sac stomacal est souvent coloré par les matières alimentaires ingérées par les Rédies, qui se nourrissent des tissus des Mollusques dans lesquels elles sont plongées.

Dans quelques Sporocystes simples, on trouve à l'extrémité antérieure une petite excavation imperforée, qui paraît jouer le rôle d'une ventouse, et autour de laquelle la substance du Sporocyste est souvent d'apparence fibroïde, et généralement plus contractile que le reste.

Bien que les Sporocystes ne soient point destinés à se transformer eux-mêmes, ils subissent, dans le cours de leur existence, des modifications de volume et de forme, qui sont accompagnées d'une diminution graduelle de leur vitalité. Dans le jeune âge, ils sont généralement très-contractiles, petits et très-vivaces (surtout les Rédies), mais à mesure qu'ils grandissent, les Gemmes qu'ils contiennent dans leur intérieur, s'accroissant très-rapidement, distendent par leur accumulation les parois des Sporocystes, qui se trouvent ainsi bientôt réduits à l'état de sacs membraneux et complétement inertes ; de là les noms de *sacs, hydatides, kystes, vésicules à cercaires,* sous lesquels ils ont été successivement désignés, avant

que leur vraie signification étant connue, on pût avoir encore aucune raison de les regarder comme des organismes vivants.

68.

Les Sporocystes sont susceptibles, pendant qu'ils sont encore jeunes, et avant qu'ils aient produit les cercaires à leur intérieur, de se multiplier en reproduisant des êtres semblables à eux. Cette reproduction dont on connaît maintenant plusieurs exemples, peut se faire de plusieurs manières. Dans les uns, elle se fait par *division*, c'est-à-dire que le Sporocyste présente un étranglement sur un point de son corps, cet étranglement va en se prononçant toujours davantage, jusqu'à ce que les deux portions ainsi distinguées se séparent complétement l'une de l'autre, et forment chacune un nouveau Sporocyste.

Ce mode de reproduction, le plus simple de tous, et qui donne immédiatement des produits semblables à la mère, a été observé surtout chez les Sporocystes proprement dits, qui sont les plus simplement organisés.

Un autre mode de reproduction également très-simple, s'observe dans les Sporocystes en forme de tubes ramifiés, chez lesquels la multiplication se fait par bourgeonnement de nouveaux tubes sur les tubes précédents : ces bourgeons semblables à de petits cœcums, d'abord très-courts, s'allongent et deviennent des ramifications du Sporocyste tubuleux primitif, sur lequel ils ont poussé comme la branche d'un végétal. Dans ce cas, la multiplication a pour résultat, un accroissement considérable du Sporocyste, puisque les nouvelles ramifications qui représentent les jeunes Sporocystes, ne se séparent pas de la branche-mère.

Enfin, on a encore observé un troisième mode de reproduction, principalement dans les Sporocystes les plus élevés en organisation, ou les Rédies.

Dans celles-ci, la reproduction a lieu par gemmation interne; on trouve, en effet, dans certaines Rédies, des gemmes sphériques qui, par leur développement ultérieur, deviennent de petites Rédies semblables à la Rédie-mère.

Cette reproduction, par gemmation interne, a été observée, pour la première fois, dans les Rédies de la *C. echinata*, par Steenstrup, qui regarda cette seconde

génération de Rédies comme constituant une phase de plus dans la série du développement de cette espèce, et comme étant celle qui devait spécialement produire les cercaires; tandis que la première génération, ou la Rédie-mère, devait directement provenir de la forme embryonnaire et produire constamment des Rédies. De là, la distinction établie par Steenstrup entre les *grandes nourrices* (gross'ammen), ou Rédies de la première génération et les *nourrices* (ammen), ou Rédies produites dans les précédentes. Cette distinction est peu rationnelle, et on doit voir, dans ce phénomène, un cas particulier d'une propriété générale des corps organisés, celle de reproduire des êtres semblables à eux, dans certaines conditions de milieu; et non le fait d'une destination spéciale de Rédies d'une certaine génération, plutôt que d'une autre. En effet, l'observation n'a nullement prouvé que les Rédies ne se reproduisent qu'une fois, et que les Rédies de la seconde génération (*nourrices St.*) doivent nécessairement produire des cercaires, et ne puissent pas, comme celles de la première, reproduire à leur tour des Rédies semblables à elles.

Un fait semble démontrer, au contraire, que la régularité de succession supposée par Steenstrup dans la reproduction des Rédies, n'a pas nécessairement lieu. C'est l'existence simultanée dans une même Rédie, de jeunes Rédies et de cercaires, de sorte qu'ici la Rédie-mère se trouve à la fois *grande nourrice*, puisqu'elle REPRODUIT des *nourrices*, et *nourrice*, puisqu'elle PRODUIT des cercaires; la production des cercaires n'est donc pas l'apanage d'une génération spéciale des Rédies.

La multiplication des Sporocystes n'a jamais lieu que pendant la première période de leur vie, avant qu'ils aient commencé à produire des cercaires. Dans les Sporocystes simples, la multiplication par division se s'observe jamais que chez les jeunes, dont le contenu est uniformément granuleux, et ne présente encore aucune trace de gemmes de cercaires. Dans la Rédie de la *c. echinata*, Steenstrup note expressément n'avoir observé ce qu'il appelle les *grandes nourrices* que dans les mois d'hiver, c'est-à-dire à une époque où les Rédies ne produisent pas encore des cercaires, lesquelles ne commencent à se développer qu'au printemps, et sortent dans le courant de l'été, comme nous le verrons plus tard.

69.

Cette multiplication d'une des formes passagères de la série du développement constitue un fait très-remarquable, et qui se retrouve, du reste, dans la plupart des autres formes zoologiques soumises aux mêmes genres de transformations. C'est aussi le cas de la forme-nourrice des Hydro-Méduses, ou des *polypes*, qui, comme on le sait, se multiplient à l'état de polypes par des bourgeons latéraux qui se séparent ensuite, deviennent des polypes semblables à leur mère, et susceptibles à leur tour de reproduire de la même manière leur forme transitoire, laquelle peut ainsi en quelque sorte se perpétuer indéfiniment par elle-même, et par conséquent perpétuer et multiplier l'espèce sans l'intervention nécessaire de l'état adulte.

Il en est de même des nourrices des Cestodes ou *Scolex*, qui, dans certaines conditions qu'ils rencontrent dans les animaux herbivores, se fixent, croissent et se multiplient par bourgeons, tant qu'ils demeurent dans les mêmes circonstances de milieu, sous la forme de *vers cystiques*, que pendant longtemps on a regardés comme des êtres complets et spéciaux, précisément parce qu'ils présentaient ce caractère essentiel sur lequel est basée la notion d'espèce, la reproduction de leur forme propre.

La multiplication des Sporocystes est très-importante à constater, parce qu'elle rend compte de l'immense quantité de ces organismes qu'on trouve fréquemment entassés sur un même point, et qu'il est impossible de rattacher à un nombre équivalent d'embryons. En effet, quelque nombreux que puissent être les œufs d'un Distomide, leur dissémination à la surface de l'intestin de l'animal dans lequel ils sont pondus, est déjà telle, qu'on ne les y rencontre qu'isolés et souvent fort éloignés les uns des autres. Cette dissémination est encore bien plus grande, quand ils sont arrivés au-dehors, et les chances de destruction, auxquelles sont exposés les embryons sortis de l'œuf et déjà très-dispersés, sont trop nombreuses, pour qu'on puisse admettre qu'ils arrivent en grande quantité à la fois, dans le milieu convenable à leur développement ultérieur (mollusques).

70.

Quant à l'origine des Sporocystes en général, nous avons vu dans le chapitre précédent qu'ils proviennent d'embryons ciliés. Cette origine soupçonnée depuis l'observation de Siebold sur l'embryon du *Monost. mutabile*, qui renfermait, dans son intérieur, un corps que, d'après sa forme caractéristique (Tab. V, f. 14), on fut conduit à assimiler aux organismes depuis reconnus pour être des nourrices de Distomides (Rédies) ; a été confirmée complétement pour les Rédies, par une observation toute récente de Filippi, constatant sur une mollusque parmi un amas de Rédies, une jeune Rédie semblable, encore renfermée dans un embryon cilié expirant. Quelques faits analogues, que nous avons déjà rappelés, montrent que les Sporocystes simples proviennent également d'embryons infusoréiformes (§ 52).

Jusqu'à présent il semble qu'il y ait une différence entre les Sporocystes proprement dits et les Rédies sous le point de vue de leur mode de provenance de la forme embryonnaire. Les Sporocystes paraissent n'être qu'une métamorphose des embryons, auxquels ils succèdent directement; tandis que les Rédies sont des corps nouveaux contenus dans l'embryon, et qui se forment en même temps que lui, dans son intérieur, pour ensuite se substituer à lui. Dans le premier cas, l'embryon ne meurt pas, il change de forme et devient sporocyste. Dans le second, l'embryon meurt et disparaît de la série sans devenir lui-même Rédie, puisque celle-ci existe déjà dans son intérieur, et en tous cas, n'a pu en provenir par métamorphose, puisqu'elle se développe et envahit l'intérieur de l'embryon, sans que celui-ci se modifie le moins du monde et perde ses caractères d'embryon.

Il en résulte donc que, dans le premier cas, le Sporocyste et l'embryon sont le même être modifié; dans le second, la Rédie est un nouvel être *généré* dans l'embryon, mode de naissance qui serait en rapport avec le degré d'organisation plus élevé que présentent les Rédies comparées aux Sporocystes.

71.

Il nous reste à examiner le rôle que joue la forme-nourrice dans le développement de l'espèce, et quelles sont ses relations avec la forme qui la suit immédiatement.

Dans tous les Sporocystes sans exception, il se forme, à une certaine période de leur existence, un certain nombre de masses sphériques, plus ou moins entassées dans leur cavité interne, qui ne tardent pas à se développer, et à se métamorphoser chacune en un être d'une forme toute particulière, et dans lequel on commence à reconnaître les caractères des Trématodes. Ces nouvelles formes, voisines de la forme adulte, à laquelle elles reviennent individuellement, après quelques métamorphoses, et qui sont, par conséquent, extrêmement différentes de celle dans laquelle elles ont pris naissance, ne sont autres que de véritables *larves*, puisque chacune d'elles doit se transformer elle-même et devenir un Distomide complet.

Quand ces jeunes larves très-vivaces ont atteint leur maturité, elles finissent par sortir de leur nourrice, soit en se frayant elles-mêmes leur chemin au moyen des armes dont elles sont quelquefois pourvues, soit par des ruptures mêmes du Sporocyste, dont les parois distendues par le développement des jeunes larves, ont perdu leur élasticité et leur contractilité primitives et se déchirent avec la plus grande facilité au moindre contact extérieur. Les larves écloses, leur Sporocyste n'est plus qu'une dépouille sans vie et désormais sans usage dans la série du développement.

72.

Le mode de naissance de ces larves, toujours en nombre dans l'intérieur de chaque Sporocyste, est encore peu étudié. Il paraît cependant qu'il a lieu aux dépens du contenu de la cavité interne du Sporocyste, contenu liquide et granuleux, qui se condense peu à peu, et se fractionne en petites masses dont chacune devient par métamorphose une larve. C'est ainsi que je l'ai observé dans les Sporocystes de la limace grise (Voir la seconde partie de ce travail : Tab. VIII).

Carus[1] a également constaté l'apparition de ces gemmes libres dans la cavité des Sporocystes, dont le contenu était primitivement homogène et unique. D'après Van Beneden[2], les gemmes se produiraient contre les parois des Rédies, pour tomber ensuite dans leur cavité interne, et se développer tantôt en larves, tantôt en Rédies, tantôt en les deux à la fois dans une même Rédie. Cette manière de voir est combattue par Filippi qui a toujours vu dans les Rédies de la *C. échinatoïde*, les gemmes libres dès leur apparition, et se trouve par conséquent, sur ce point, d'accord avec toutes les observations antérieures faites sur d'autres espèces. Cette divergence peut s'expliquer cependant en appliquant aux formes organiques dont il est question, quelques notions empruntées à l'étude des éléments anatomiques, qui, constituant par leur réunion tous les corps organisés, nous offrent, sous leur forme la plus simple, la plupart des phénomènes que nous présentent ces derniers, avec un degré de complication d'autant plus grand que leurs éléments constituants sont plus nombreux et plus variés.

Dans le cas qui nous occupe, il s'agit d'organismes très-simples d'ailleurs (Rédies), qui donnent naissance dans un cas, à des organismes semblables à eux, dans l'autre, à des organismes tout différents d'eux (Cercaires). Nous avons donc ici à distinguer deux ordres de faits caractérisés sous les noms de Reproduction et de Génération. La naissance de Rédies dans une autre Rédie, comme la multiplication des Sporocystes en général, par scission ou autrement, sont des faits de reproduction, faits que présentent sous la forme la plus simple, un grand nombre d'éléments anatomiques, qui reproduisent par division ou par bourgeonnement, des éléments semblables à eux.

La naissance des Cercaires dans des Sporocystes est au contraire un fait de GÉNÉRATION, fait également très-général, et dont on trouve de nombreux exemples dans les éléments anatomiques, qui, seuls ou réunis en tissus, jouissent de la propriété de déterminer autour d'eux l'apparition d'éléments nouveaux et différents d'eux.

[1] Zur Nahern Kenntniss etc., p. 10.
[2] Rapport de Quatrefages etc. Ann. Sc. Nat., 4e Série, T. I, p. 25.

La différence fondamentale entre ces deux faits, gît surtout dans le mode de dérivation des deux éléments en présence, le produisant et le produit. Dans le premier cas, ou reproduction, le produit dérive du produisant directement, sans intermédiaire, ce qui se conçoit, puisqu'il est toujours une fraction plus ou moins étendue de la substance de l'individu dont il provient, fraction qui s'en détache sans éprouver de modification intime et qui est immédiatement semblable à l'individu-mère (division ou scission), ou le devient bientôt, après quelques modifications dans le volume et la forme (gemmation).

Dans le second cas (génération), le produit ne dérive pas directement de la substance du produisant, mais naît spontanément dans son voisinage, sans être en relation de continuité apparente avec lui, parce que les faits intermédiaires qui les rattachent l'un à l'autre, consistant en des actions moléculaires et des modifications chimiques de substances à l'état liquide, échappent complétement à nos sens.

Ce mode de naissance donne toujours des produits de nature différente de celle du produisant, et qui sont aussi d'une organisation plus complexe, et doués de propriétés spéciales.

Ces notions générales trouvent dans le cas qui nous occupe, leur application complète; car, quoique les Sporocystes soient, au point de vue morphologique, des organismes ou des individus distincts, ils n'en sont pas moins au point de vue physiologique, par la simplicité de leur organisation et l'homogénéité de leur structure, comparables à de vrais éléments anatomiques, ou plutôt à des tissus très-simples, et comme tels, doués des propriétés ordinaires des tissus organisés. Il n'est donc pas étonnant de leur trouver la double propriété de reproduction et de génération, donnant d'une part naissance à un tissu identique au leur, formant un organisme semblable à eux (par division dans les Sporocystes, et probablement par gemmation dans les Rédies) ; et, d'autre part, déterminant la naissance (par génération) de tissus de nature différente du leur, qui, en raison de cette circonstance, se développent en organismes différents et d'un degré d'organisation plus élevé (Cercaires). Mais, comme pour les éléments anatomiques, ces deux ordres de phénomènes ne doivent point avoir lieu de la même manière. Ces con-

sidérations nous conduisent à admettre que les Cercaires, organismes entièrement dissemblables aux Sporocystes, naissent par *génération* dans leur intérieur, et sont sans relation de continuité avec leur tissu propre, ce que confirment la plupart des observations, puisque presque tous les auteurs ont vu les gemmes de Cercaires libres dès leur apparition, et qu'ils paraissent être le résultat de la condensation et du fractionnement du contenu d'abord liquide et granuleux du Sporocyste. L'observation de Van Beneden, qui, seule jusqu'à-présent, rattache l'origine, soit des Cercaires, soit des Rédies, à des gemmes d'abord fixées à la paroi interne de la Rédie-mère, et se détachant ensuite, nous paraît généraliser à tort un fait juste d'ailleurs, en admettant un mode de naissance identique pour ces deux formes essentiellement distinctes. Il est probable que les gemmes fixes, vues par Van Beneden, étaient des gemmes de jeunes Rédies et non pas de Cercaires, et n'ont dû se présenter que dans les Rédies qui reproduisaient des Rédies seules (ou à la fois des Rédies et des Cercaires): car Filippi, qui, dans les Rédies de la *C. echinatoïdes* très-voisines de celles observées par Van Beneden, n'a jamais vu de reproduction de Rédies, a toujours trouvé les gemmes des Cercaires libres dès leur apparition.

La multiplication des Sporocystes se trouve ainsi comprendre les deux modes ordinaires de REPRODUCTION des éléments anatomiques; mode par *scission* ou *division*, comme on l'a constaté chez les Sporocystes simples, jamais chez les Rédies déjà plus compliquées par la présence d'un appareil digestif, et chez lesquelles, au contraire, la reproduction a lieu par *gemmation*.

73.

Les Sporocystes habitent tous, sans exception, les tissus ou les cavités intérieures des mollusques, où on les trouve entassés quelquefois en nombre considérable. Les plus ordinairement infestés de Sporocystes sont surtout les mollusques aquatiques, chez lesquels l'arrivée de ces organismes est toute expliquée par le fait de leur provenance d'un embryon infusoréiforme, par conséquent aquatique.

On se rend moins bien compte de leur présence dans les mollusques terrestres, chez lesquels on en trouve cependant quelquefois.

Presque toujours réunis en quantités immenses sur un même mollusque dont ils occupent souvent une portion considérable du volume total, ils envahissent les tissus en s'insinuant entre leurs éléments constituants, ou remplissent certaines cavités intérieures au point quelquefois de les obstruer complétement. Nous avons vu plus haut que cette abondance est le résultat d'une reproduction locale des Sporocystes qui, dans certaines conditions, se multiplient par scission ou par gemmation ; et ne peut point être attribuée à l'arrivée d'un nombre égal d'embryons.

74.

Les mollusques d'eau douce, qui sont dans tous les pays les plus à la portée des observateurs, et sur lesquels les premières découvertes de Bojanus et de Bær avaient plus particulièrement attiré l'attention, ont été pendant longtemps à peu près les seuls étudiés sous le point de vue qui nous occupe, et ont fourni la plupart des formes de Sporocystes actuellement connues.

Ce n'est que récemment que quelques observations constatant l'existence de formes analogues dans les mollusques marins, sont venues ouvrir un nouveau champ de recherches dans lequel, à raison de son étendue, il est à présumer que les découvertes ultérieures feront connaître un grand nombre de faits nouveaux et intéressants. Les mollusques terrestres n'ont encore fourni qu'un petit nombre d'espèces de Sporocystes.

Pendant longtemps, le *Succinea amphibia* qui habite les bords des eaux et les lieux humides, a été le seul connu comme hébergeant un Sporocyste, le *Leucochloridium paradoxum*.

Depuis lors, quelques faits peu détaillés ont signalé l'existence de Sporocystes dans le genre Hélix : et ce n'est que tout récemment qu'ayant eu l'occasion de trouver des Sporocystes dans les mollusques du genre Limax, j'ai pu constater sur eux un ensemble de faits analogues à ceux présentés par les autres Sporocystes connus, et qui montrent que tous les mollusques, quel que soit leur genre de vie, sont appelés à jouer un rôle important dans le développement et la dissémination des Trématodes endo-parasites, en les hébergeant pendant une certaine période de leur existence.

75.

Les genres de mollusques dans lesquels on a jusqu'à-présent trouvé des Sporocystes, sont les suivants :

MOLLUSQUES TERRESTRES.

Helix. — *Limax.* — *Arion.* — *Succinea.*

MOLLUSQUES FLUVIATILES.

Gastéropodes. — *Ancylus.* — *Lymnæus.* — *Paludina.*

Physa. — *Planorbis.* — *Valvata.*

Acéphales. — *Anodonta.* — *Cyclas.* — *Unio.*

MOLLUSQUES MARINS.

Gastéropodes.— *Nassa.*

Acéphales. — *Cardium.* — *Ostrea.* — *Tellina.*

Des différentes formes de Sporocystes que nous avons distinguées, il n'en est qu'une qui paraisse spéciale à une catégorie particulière de mollusques : Ce sont les Sporocystes tubuleux ramifiés (Bucephaliens), qui jusqu'à-présent n'ont été trouvés que dans les Acéphales, fluviatiles et marins (*Anodonta, Unio, Cardium, Ostrea).*

Les Sporocystes simples ont été trouvés indifféremment dans les mollusques terrestres, fluviatiles et marins ; principalement dans les Gastéropodes.

Les Rédies n'ont encore été trouvées que dans les Gastéropodes fluviatiles.

Si de là nous descendons aux formes spécifiques, nous trouvons que les Sporocystes ne sont pas généralement, à quelques exceptions près, spéciaux à une espèce de mollusque. Les Sporocystes les plus communs et les plus abondants se trouvent aussi dans les espèces de mollusques les plus répandues.

Ainsi, le *Lymnæus stagnalis*, les *Paludina vivipara* et *impura*, et le *Planorbis corneus*, qui appartiennent à trois genres bien distincts, mais qui vivent dans les mêmes conditions de milieu, hébergent tour à tour, suivant les localités, les mêmes espèces de Sporocystes ; ainsi, la Rédie de la *C. echinata* a été trouvée dans le *L. stagnalis*, la *Palud. vivipara* et le *Pl. corneus*. Les Sporocystes de la *Cercaria furcata* sur les deux premiers ; ceux de la *C. armata* sur le premier et le troisième, les Rédies de la *C. ephemera* sur les deux derniers. Inversément, la même espèce de mollusque peut héberger différentes espèces de Sporocystes ; il n'est même pas rare dans certaines localités riches en mollusques habités par ces parasites, d'en rencontrer des individus contenant à la fois dans différents points de leur corps, plusieurs Sporocystes différents.

76.

I. Sporocystes proprement dits.

Sporocystes sacciformes. (Tab. V, fig. 1—13.)

1. Sporocyste de la *Cercaria duplicata* (Dist. duplicatum Bær.) Tab. V, 1.) long. $0^{mm},66$ à 1^{mm}; forme ovoïde ; d'un tissu peu transparent, contenant de deux à six Cercaires dans sa cavité, difficiles à distinguer à cause de l'opacité de ses parois.

D'après l'observation de Steenstrup [1], ce Sporocyste provient de la transformation d'un animal infusoréiforme, cilié, qu'il a rencontré dans différents points du corps des Anodontes. Au bout de quelque temps, ces animalcules perdent leurs cils vibratils et prennent l'aspect de sacs ovoïdes et immobiles. Ces sacs qui

[1] Generationswechsel etc., p. 98.

ont d'abord environ $0^{mm},15$, s'accroissent assez rapidement, atteignent bientôt $0^{mm},60$ de longueur, et arrivés à ce point, laissent apercevoir dans leur intérieur des petits corps ovales, ceux-ci en grandissant à leur tour, distendent par leur accroissement le sac primitif, qui devient une enveloppe membraneuse inerte et dont les parois se déchirent alors très-facilement.

Quand ces corps ovales qui naissent dans l'intérieur du sac ont atteint $0^{mm},40$ de long, on distingue à leur extrémité un court prolongement en forme de cou, pourvu d'une petite excavation terminale, servant d'organe de succion, et par lequel ils se fixent dans l'intérieur des tissus du mollusque.

Ces nouveaux corps sont allongés, cylindriques; leur tissu est formé de petites cellules. Ils présentent à leur intérieur une cavité dans laquelle on voit apparaître successivement quelques gemmes qui grandissent en même temps que leur enveloppe, et prennent graduellement la forme de petits Distomes terminés par une longue queue renflée en massue, qui ne sont autres que le *Distoma duplicatum* de Bær [1].

Nous avons cité avec détails cette observation de Steenstrup, à cause des faits intéressants qu'elle constate sur la provenance de ce Sporocyste d'un être infusoriforme, et sur la multiplication des Sporocystes; car il est évident que les produits de la première enveloppe sont aussi des Sporocystes un peu différents du Sporocyste primitif, né directement de l'embryon, à moins que celui-ci ne doive être regardé comme l'embryon lui-même métamorphosé, et donnant postérieurement naissance aux véritables Sporocystes.

Ce Sporocyste a été découvert par Bær dans le rein, le foie, le pied, les branchies, et la peau des *Anodonta ventricosa* et *anatina*. Il habite ces mollusques en nombre souvent considérable. Bær estime à environ 5,000 le nombre de ces Sporocystes qu'il a rencontrés une fois dans une Anod. anatina.

2. Sporocystes de la *Cercaria armata* (Sieb.) (Tab. V; fig. 2—4).

Sacs ovoïdes, allongés, membraneux, minces et tout-à-fait inertes, contenant

[1] Beiträge zur Kenntniss etc., N. Act. Nat. Cur. XIII, p. II, p. 558, pl. XXIX, 1—15.

une quantité de Cercaires d'autant plus grande qu'ils sont plus âgés, et ne présentant pas la moindre apparence de vitalité. Steenstrup signale dans les jeunes Sporocystes de cette espèce, une excavation ou une petite ventouse placée à l'extrémité antérieure (fig. 3, *a)* par laquelle ils se fixent sur les tissus des mollusques, et qui disparaît plus tard. Le même auteur paraît avoir aussi constaté chez les jeunes, des mouvements de contraction sensibles, qui ne s'observent plus dans les Sporocystes de grande taille et distendus par leur contenu.

La motilité des Sporocystes de la C. armata est contestée par Carus [1] qui n'a pas pu non plus positivement constater la petite excavation ventousiforme indiquée par Steenstrup.

D'après Carus, les plus jeunes Sporocystes sont des petits corps arrondis, formés d'une enveloppe membraneuse, homogène, et d'un contenu liquide dans lequel nagent des corpuscules semblables aux cellules du jaune d'œuf des oiseaux, et d'autres corpuscules plus gros à contours plus foncés qui manquent dans les Sporocystes plus développés. Plus tard, ce contenu se divise en groupes peu distincts d'abord, non entourés d'une membrane, laquelle ne se forme que graduellement, et se montre, quand elle est constituée, comme un trait fin et net autour de chaque masse.

Le contenu du Sporocyste ne concourt pas tout entier à cette formation, mais il en reste une partie disséminée dans l'intervalle des masses condensées, lesquelles se développent ensuite en Cercaires.

Nous ne possédons encore aucun document relatif à la provenance des Sporocystes de la Cercaria armata, non plus qu'à leur reproduction, si ce n'est un fait unique signalé par V. Carus [2] de l'inclusion d'un petit Sporocyste contenant quatre germes de Cercaires, dans un plus grand.

Ces Sporocystes habitent le *Lymnæus stagnalis* et le *Planorbis corneus* en quantité souvent considérable, principalement l'intérieur de la cavité respiratoire, la surface du foie et du canal digestif.

[1] Zur nähern Kenntniss etc., p. 10.

[2] L. C., p. 12.

3. Sporocystes de la *Cerc. microtyla* (Filippi) (Tab. V; f. 5, 6).

Ces Sporocystes, très-semblables aux précédents, sont en forme de sacs ovoïdes, membraneux, lorsque les Cercaires qu'ils renferment, en nombre variable suivant les individus, sont développées (fig. 6).

Au contraire, lorsqu'ils sont jeunes, ils présentent un prolongement en forme de cou (fig. 5) un peu strié, et terminé par une excavation ventousiforme, semblable à celle indiquée par Steenstrup, dans les jeunes Sporocystes de la *C. armata*. Filippi n'a jamais pu observer de mouvements chez ces Sporocystes, mais l'inspection de deux de ses figures (reproduites ici tab. V; f. 5) montre une modification de forme due évidemment à la contractilité des tissus de ces Sporocystes; en effet, l'un a le prolongement contracté et raccourci, et tout le corps ramassé en boule; tandis que l'autre est dans un état inverse d'extension; la présence, d'ailleurs, d'un organe de succion suppose nécessairement une contractilité dans le tissu.

Cette espèce a été découverte par Filippi[1] dans les glandes génitales des *Paludina vivipara* et *achatina*, plus fréquemment dans les organes mâles dont elle envahit quelquefois presque complétement le tissu.

4. Sporocystes de la *C. chlorotica* (Diesing). (Cercaria II de Bær) (Tab. V, f. 7).

Forme ovoïde, parois minces et très-transparentes, laissant voir avec la plus grande facilité les Cercaires qu'ils renferment disposées au nombre de six à huit d'une manière très-régulière.

Ces Sporocystes ont été décrits et figurés pour la première fois par Bær[2] et n'ont pas été observés depuis, il les a trouvés dans le rein de la *Paludina vivipara*.

5. Sporocystes de la *Cerc. brunnea* (Dies.) (Cerc. III de Bær.).

Comme les précédents, ces Sporocystes ne nous sont connus que par une des-

[1] Mém. p. servir à l'hist. génét. des Trématodes (Mém. de Turin, t. XV. série II) p. 7, pl. I, fig. 5.—6.
[2] Beit. zur kennt. etc. (Nov. Acta C. L. Nat. Cur. t. XIII,)

cription très-imparfaite qu'en donne Bær, qui les signale comme des sacs allongés, parsemés sous forme d'une poussière jaune sur le canal intestinal du *Lymnæus stagnalis*, principalement sur son trajet dans le foie, et assez fortement fixés les uns aux autres. Le même auteur rapproche des précédents, d'autres formes de Sporocystes semblables, mais un peu plus étroits et allongés.

6. Sporoc. de la *C. vesiculosa* (Diesing) (*Cercaria I* de Bær.).

Sporocystes allongés, ayant environ 0mm,66; contenant de trois à douze Cercaires, et ne présentant aucune apparence de contractilité ou de mouvements.

Ces Sporocystes ont été découverts par Bær qui cite cette espèce comme un exemple remarquable de l'excessive multiplicité de ces organismes sur les mollusques. Bær les a trouvés toujours amoncelés contre les parois de l'utérus de la *Paludina vivipara*, formant dans ce point des tas énormes équivalant parfois au quart du volume total du mollusque, et qu'il estimait renfermer environ 20,000 Sporocystes.

Dans ces cas, où l'utérus était ainsi obstrué par ces organismes étrangers et parasites, il ne renfermait pas de jeunes Paludines.

Filippi rapproche des Sporocystes précédents, plutôt d'après quelques analogies entre les Cercaires qu'ils produisent, qu'entre les Sporocystes eux-mêmes, une forme de Sporocystes qu'il a rencontrés rarement, mais toujours entassés en immenses quantités contre les parois du réservoir d'eau de la *Paludina vivipara*. Ces Sporocystes, de forme et de dimensions variables (Tab. V, f. 8, 9), généralement ovoïdes, offrent d'une manière remarquable le phénomène de la multiplication par scission, qu'on observe seulement chez les jeunes, avant la formation des gemmes de Cercaires. La plupart présentent alors un étranglement qui va se prononçant de plus en plus (f. 8), jusqu'à séparation complète des deux parties ainsi divisées du Sporocyste. Nous aurons à revenir sur cette reproduction par scission qui dédouble successivement chaque Sporocyste en deux autres, et rend compte du nombre excessif de ces organismes qui peuvent se trouver à la fois sur un même mollusque, en parlant d'une autre espèce de Sporo-

cyste qui habite les limaces (Voir la 2me partie de ce travail), et sur laquelle nous avons observé le même phénomène.

7. Sporoc. de la *Cerc. gibba* (Filippi).

Comme les précédents, en forme de sacs allongés, membraneux ovoïdes.

Découverts par Filippi dans le *Lymnæus pereger*.

8. Sporoc. de la *C. macrocerca* (Filippi).

Très-allongés, atteignant jusqu'à 1mm,5 de longueur, découverts par Filippi dans les branchies de la *Cyclas cornea*.—Ces Sporocystes sont avec ceux du *Dist. duplicatum*, les seuls exemples de Sporocystes en forme de sacs vivant dans les Acéphales, et produisent des Cercaires assez remarquables par la forme et les dimensions inusitées de leur queue.

9. Sporoc. de la *Cerc. virgula* (Filippi).

Cette espèce de Sporocyste vient d'être tout récemment découverte par Filippi[1] dans la *Paludina impura*, et lui a fourni l'occasion de constater d'une manière positive la transformation directe d'animalcules infusoriformes, voisins des Opalines, en Sporocystes. Cette observation que Filippi ne fait qu'indiquer sans entrer dans les détails, a une très-grande importance en ce qu'elle démontre que les Sporocystes proviennent, de même que les Rédies, d'embryons infusoriformes, comme Steenstrup l'avait déjà constaté chez les Sporocystes du *Distomum duplicatum*.

10. Sporoc. de la *Cerc. sagittifera* (Sieb.) (Tab. V, f. 10.).

Ces Sporocystes que nous ne connaissons que par la figure qu'en donne Siebold[2], et que nous reproduisons ici (Tab. V, f. 10), sont en forme de sacs minces, allongés, cylindriques, homogènes, et ont été trouvés sur l'*Helix pomatia*.

[1] Lettre à M. M. Edwards. Ann. Sc. Nat. 4e Série, t. III, p. 112.

[2] Ueber die Band- und Blasenwürmer (1854).

11. Sporoc. de la *Cerc. limacis* (Tab. V, f. 11, T. VIII, f. 12 et T. IX f. 8, 9.)

Longs de 2^{mm} environ; ovoïdes; une de leurs extrémités, prolongée en forme de cou strié transversalement et longitudinalement offre une petite excavation peu profonde, servant probablement de ventouse. Leur parenchyme, assez épais, est très-contractile quand ils sont petits, beaucoup moins lorsqu'ils ont atteint leurs dimensions ordinaires, cependant la portion striée et en forme de cou, conserve toujours sa contractilité.

Les Cercaires de cette espèce sont renfermées dans un boyau cylindrique (Tab. VIII, fig. 13, *e*, et IX fig. 10), homogène, inerte et très-résistant, qui est lui-même compris dans le Sporocyste. Ce boyau sort très-facilement du Sporocyste, lorsque celui-ci est comprimé; et il arrive souvent de rencontrer sur les limaces, non pas des Sporocystes entiers, mais seulement leurs boyaux intérieurs pleins de Cercaires. (Il se pourrait que le sac que Siebold figure comme Sporocyste de la *C. sagittifera,* dont nous avons parlé ci-dessus (10), fût dans ce cas, c'est-à-dire le boyau Cercarifère d'un Sporocyste et point un Sporocyste lui-même.)

Dans leur jeune âge, les Sporoc. de la *C. limacis* se multiplient par scission, et forment des amas considérables dans la cavité générale du corps du mollusque, principalement autour du foie. Quand ils ont atteint leur maturité, ils sortent en traversant la peau de la limace, et arrivent à sa surface extérieure, où ils sont entraînés par le mucus que ces mollusques secrètent continuellement, et déposés avec lui sur les corps environnants.

Habitent la *Limax cinerea*; j'ai rencontré une forme très-voisine de la précédente dans l'*Arion rufus* (Voir pour plus de détails la IIe partie de ce Mémoire.).

12. Sporoc. de la Cerc. *Helicis aspersæ*.

Je désigne sous ce nom, pour l'uniformité, des Sporocystes observés par Dujardin [1] sur le foie d'un *Helix aspersa,* et qu'il décrit comme oblongs, jaunâtres, fusiformes ou bifurqués, et contenant de 10—12 petits Distomes très-contractiles.

[1] Hist. nat. des Helminthes, p. 472.

Ces Sporocystes sont probablement semblables à ceux de la *C. Limacis*, mais faute de renseignements suffisants, nous ne pouvons rien préciser à cet égard.

13. Sporoc. de la C. *Lymnæi auricularis* (Filippi). (Tab. V f. 12)

Sacs ovoïdes simples, habitant le *Lymnæus auricularis*, indiqués sans détails par Filippi [1].

Ces deux dernières espèces de Sporocystes présentent la particularité de donner naissance à des Cercaires sans queue, par conséquent plus voisines de la forme adulte qu'elles ne le sont ordinairement, et auxquelles, pour cette raison, les auteurs ont donné le nom de Distomes.

14. Sporoc. de la *C. furcata*, Cercaria VI de Bær (Tab. V, f. 13).

Sporocystes en forme de tubes cylindriques, longs de 4 à 8 millimètres, larges de $0^{mm},37$; grisâtres, demi-transparents, terminés en pointe antérieurement, arrondis postérieurement; et contenant un grand nombre de Cercaires fortement tassées.

Ces Sporocystes présentent fréquemment (13 B) des portions étranglées très-minces, plus ou moins allongées (*c'*) et reliant entre elles, comme un pédicule, les différentes portions (*c*) du Sporocyste, qui renferment les Cercaires. Peut-être faut-il voir dans ces Sporocystes en quelque sorte multiples un phénomène de reproduction par division ?

Les Sporocystes de la *C. furcata* offrent des mouvements vermiformes très-apparents.

Ils ont été découverts par Bær dans le foie, le rein et le testicule de la *Paludina vivipara*.

Le même auteur a signalé deux formes voisines également tubuliformes, mais plus petites et sans apparence de motilité, et produisant de même que la précédente des Cercaires à queue bifurquée; l'une dans le rein et les organes génitaux mâles de la *Palud. vivipara*; l'autre dans le *Planorbis corneus*.

[1] Mém. pour servir etc., L. C., p. 26.

Avant de passer à la description de la deuxième forme des Sporocystes proprement dits, nous devons encore indiquer quelques Sporocystes simples appartenant à la première, mais sur lesquels nous ne possédons pas de détails. Ce sont les :

15. Sporoc. de la *Cerc. Cycladis rivicolæ* (Sieb.)[1] trouvés dans le foie de la *Cyclas rivicola*.

16. Sporoc. de la *C. Tellinæ Balticæ* (Sieb.)[1] dans l'ovaire de la *Tellina Baltica*.

17. Sporoc. de la *C. Planorbis cornei* (Henle)[2] dans l'ovaire du *Planorbis corneus*.

Enfin, deux espèces de sporocystes produisant des Cercaires sans queue, désignées à tort sous le nom de Distomes, puisqu'ils représentent les Cercaires des autres Sporocystes, et ne sont pas plus qu'elles des êtres complétement développés.

18. Sporocystes longs de 1^{mm}, tubuleux, sans vie, trouvés au nombre de 25 par Bær dans un *Ancylus lacustris*, et qui contenaient entre tous environ 200 petits Distomes.

19. Sporocystes trouvés par Filippi[3] dans la *Nassa mutabilis*, et produisant des Distomes *armés*, assez semblables à ceux découverts par cet observateur dans le *Lymnæus auricularis* (Tab. V, fig. 12), aussi dans des Sporocystes.

Nous regrettons d'autant plus l'absence de détails sur les Sporocystes que nous venons d'indiquer que deux d'entre eux (16 et 19) ont été trouvés sur des mollusques marins, qui, bien plus abondants et variés que les mollusques terrestres ou fluviatiles, fourniront probablement par la suite une ample moisson de faits sur les phases intermédiaires du développement des Distomides.

[1] Müller's Archiv. 1837, p. 388.

[2] Müller's Archiv. 1835, p. 597.

[3] Lettre à M. M. Edwards. Ann. Sc. Nat. 4e série, T. III, p. 113.

Sporocystes tubuliformes.

77.

Sporocystes en forme de tubes ramifiés. (Tab. V *bis*, f. 6, 7.)

Ce type n'a longtemps été représenté que par une seule forme très-remarquable, découverte par Bær et produisant des larves décrites par lui sous le nom de *Bucephalus polymorphus*.

Tout récemment M. Lacaze-Duthiers vient de faire connaître une seconde espèce très-voisine de la précédente, quoique habitant des Acéphales marins, et qu'il a décrite sous le nom de *Bucephalus Haimeanus*.

Les Sporocystes de ce groupe sont toujours en forme de filaments ramifiés, souvent très-étendus et compliqués, enchevêtrés dans les tissus comme les racines d'un arbre dans la terre. Ils ne sont donc pas libres comme les Sporocystes du premier groupe.

20. Sporoc. du *Bucephalus polymorphus*. (Bær) (Tab. V *bis*, f. 6).

Tubes minces, filiformes, renflés de distance en distance en nodosités plus ou moins allongées *(c)*, dans lesquelles se forment et se développent des Cercaires qui ont reçu ici le nom particulier de Bucéphales. Ces filaments sont généralement d'autant plus ramifiés qu'ils sont plus âgés. Bær en a observé de très-petits et simples, transparents, qui lui ont paru être des filaments jeunes, ne renferment pas encore de gemmes, et chez lesquels il a remarqué des mouvements sensibles.

Les Sporocystes du Bucéphale sont tout-à-fait spéciaux aux Anodontes et aux Unios (*Anod. anatina*, — *cellensis*, — *Unio pictorum)* et y prennent quelquefois une extension extraordinaire jusqu'à envahir presqu'entièrement le corps de ces mollusques. Bær estime que, dans ce cas, le nombre de Bucéphales produits dans les filaments doit s'élever à près d'un demi-million.

Les filaments simples (jeunes) se trouvent surtout dans le rein et le manteau des mollusques attaqués; à mesure qu'ils se développent, ils pénètrent dans le tissu du foie et de l'ovaire, leurs ramifications s'entrelacent à l'infini avec les éléments de ces tissus et forment ainsi un tout inextricable.

21. Sporoc. du *Bucephalus Haimeanus* (Lacaze-D.) (Tab. V *bis*, f. 7).

Sporocystes en forme de filaments tubuleux longs de plusieurs centimètres, blancs et très-fragiles; leurs parois sont d'une certaine épaisseur, parenchymateuses, et présentent des mouvements de contraction vermiculaire très-évidents. De distance en distance, on trouve dans de petites dilatations de ces tubes, des amas de gemmes plus ou moins développés. Sur différents points de leur longueur on voit pousser des bourgeons en forme de cœcums (fig. 7, *c'*) qui grandissent et contiennent des gemmes, ou seulement une substance granuleuse quand ils sont très-petits; ces cœcums deviennent ensuite des ramifications du Sporocyste, en tout semblables à celles des tubes de l'espèce précédente.

Cette espèce a été découverte par M. Lacaze-Duthiers [1], aux îles Baléares, à Mahon et à Cette, dans des mollusques Acéphales marins (*Ostrea edulis; — Cardium rusticum)*. Elle habite surtout leurs glandes génitales, dont elle obstrue les conduits au point d'empêcher complètement la reproduction chez les mollusques infestés.

78.

Sporocystes en forme de tubes simples et réunis entre eux à leur base.
(*Leucochloridium*. Carus. Tab. V *bis*, fig. 8.)

22. Nous plaçons ici une forme très-singulière et encore unique, décrite par Carus [2] sous le nom de *Leucochloridium paradoxum*, et qui, malgré ses particularités de forme et de structure, a entièrement la signification des Sporocystes, puisque comme eux elle est destinée à produire des gemmes qui deviennent ultérieurement des larves de Distomes, et représentent par conséquent le même état de développement que les Cercaires des autres Sporocystes.

Les Sporocystes dont nous nous occupons maintenant, arrivés à maturité, sont des tubes cylindriques ayant de 9 à 12 millimètres de long sur 2^{mm} de large (fig.

[1] Ann. des Sc. Nat. 4e série, t. I, p. 294, pl. VI.
[2] Nov. Act. Acad. L. C. Nat. Cur. t. XVII, I, p. 85, pl. 7.

8, A), et composés de deux portions à peu près d'égales longueurs mais de largeurs très-différentes.

L'une, très-large, cylindrique, creuse à son intérieur, présente vers son extrémité fermée des taches brunes disposées en séries transversales (*c'*), et sur sa longueur un assez grand nombre de bandes vertes également transverses.

L'autre moitié du Sporocyste est formée par un tube cylindrique très-étroit, comme un pédicelle, et dont la cavité est continue avec la cavité beaucoup plus grande de la partie colorée du Sporocyste.

Ce pédicelle est fixé par sa base dans une touffe d'autres tubes en cœcums ramifiés beaucoup plus petits (fig. 8, B) et très-nombreux, sur un de ces tubes mêmes, dont il paraît n'être qu'une ramification très-développée, et avec la cavité duquel la sienne est en continuité directe par le pédicelle. Les deux espèces de tubes paraissent être de même nature, et Siebold croit que ce sont les petits tubes qui deviennent plus tard, en s'allongeant, les Sporocystes, ce qui semble confirmé par leur connexion intime et le fait qu'il y a toujours parmi les branches de la touffe quelques-uns des tubes qui sont plus grands que les autres et en quelque sorte intermédiaires entre les petits cœcums et les Sporocystes complets.

Les parois de la partie dilatée des Sporocystes sont formées d'un épiderme extérieur, homogène, mince et transparent, et d'une couche interne fasciculée qui se continue sans interruption dans le pédicelle et jusque dans les petits tubes qui sont à sa base. La face interne de cette couche est dans la partie dilatée tapissée de granules colorés et de cellules pigmentaires à la réunion desquels sont dues les taches et les bandelettes brunes ou vertes qui donnent à ces Sporocystes un aspect très-singulier.

Les Sporocystes développés, très-contractiles, se meuvent assez vivement dans l'intérieur des mollusques qu'ils habitent, et peuvent s'avancer jusque dans leurs tentacules, tout en restant toujours fixés par l'extrémité de leur pédicelle au faisceau de cœcums qui est généralement placé sur le foie.

Les petits tubes sont au contraire rigides et ne présentent jamais de mouvements.

C'est dans ces derniers que se forment les gemmes qui grossissent et deviennent des larves de Distome : celles-ci ne se trouvent jamais dans les petits tubes ni dans les pédicelles, mais seulement dans la portion large des grands Sporocystes mobiles, ce qui est tout-à-fait en rapport avec ce que nous avons constaté dans tous les Sporocystes, quels qu'ils soient ; c'est-à-dire que toujours le développement en volume des Sporocystes est proportionnel à celui de leur contenu.

Nous retrouvons dans ce Sporocyste un mode de multiplication semblable à celui des Sporocystes des Bucéphales, par le bourgeonnement de nouveaux cœcums croissant sur les précédents comme une branche d'un végétal sur le tronc, ou comme un polype sur un polypier, sans que ces tubes doivent plus tard se séparer de leur souche.

Ce fait de la réunion sur un point commun de tous les Sporocystes de tout âge et leur fixation constitue une différence importante entre eux et ceux de la première forme, qui sont toujours libres et point fixés.

Une autre différence à signaler consiste dans le fait de la mobilité des Sporocystes complets du Leucochloridium, et de l'immobilité des jeunes, au contraire de ce que nous avons vu jusqu'à présent chez tous les autres Sporocystes, dont la mobilité et la contractilité étaient en raison inverse du développement de leur contenu.

Il faut encore remarquer que les Cercaires produites dans le Leucochloridium ne sont pas, en raison de particularités d'organisation dont nous parlerons plus tard, appelées à sortir et à être expulsées de leur Sporocyste, comme cela a ordinairement lieu, mais leur transmigration doit être toute passive, et le résultat du transport du Sporocyste tout entier avec son contenu. Ce fait est en rapport avec celui de la persistance de la vitalité du Leucochloridium, vitalité qui augmente même à mesure que son contenu est plus développé et plus mûr, et qui se manifeste par des mouvements brusques et rythmiques du tube tout entier, qu'on a pour cette raison comparé à un ver. Pour expliquer ces mouvements, qui ne peuvent avoir pour but d'arriver au dehors, puisque, fixés par une de

leurs extrémités, les tubes du Leucochloridium sont d'ailleurs trop gros et trop mous pour pouvoir perforer la peau du mollusqne dans la cavité duquel ils sont renfermés, M. de Siebold[1] émet l'hypothèse qu'ils ont peut-être pour effet d'attirer sur les Succinés habités par le Leucochloridium, l'attention des oiseaux de marais qui se trouvent dans le voisinage, et qui se nourrissent de ces mollusques. C'est en effet probablement dans l'intestin des oiseaux de ce groupe que les larves contenues dans le Leucochloridium peuvent trouver le milieu nécessaire à leur transformation finale en Distomides adultes.

Le Leucochloridium n'a encore été trouvé que dans un seul mollusque, le *Succinea amphibia*. La touffe de petits tubes est toujours placée et fixée sur le foie; les grands tubes, beaucoup plus longs et moins nombreux, fixés par leur pédicelle dans le même point, se meuvent assez activement entre les viscères du mollusque et s'avancent jusque dans ses tentacules, qu'ils remplissent, et au travers desquels on aperçoit très-bien les taches et les bandes colorées qui trahissent la présence du parasite.

79.

II. Sporocystes pourvus d'un tube digestif, ou *Rédies*.

1. Rédie de la *Cerc. echinata*. (TAB. V, FIG. 15—17.)

Longue de 2 à 4 millimètres, forme allongée cylindrique. Extrémité antérieure arrondie terminée par un orifice cupuliforme (fig. 16, 17, *a*). En arrière de cette partie antérieure arrondie, on remarque un bourrelet circulaire (*b*) en forme de collerette, suivi d'un étranglement après lequel le corps se prolonge en tube cylindrique, terminé postérieurement par une sorte de queue plus mince (*c''*), à la naissance de laquelle on remarque deux appendices saillants, coniques, placés obliquement d'avant en arrière (*c'*), creux à leur intérieur, et dont les cavités sont continues avec la cavité du corps de la Rédie.

Dans l'intérieur de celle-ci flotte un cœcum assez court ne dépassant pas la

[1] Ueber Leucochloridium paradoxum. (Zeitsch. für wiss. Zoologie v. Siebold und Kölliker. 1853. Band IV, p. 425, pl. XVI. B.

moitié de la longueur (*g*), qui aboutit par un canal plus mince, à l'orifice buccal, immédiatement après lequel il est entouré d'une masse musculaire.

Cette Rédie est susceptible de mouvements de rotation sur son axe, et de contractions vermiformes, et peut de plus contracter fortement son extrémité antérieure, dont l'aspect se modifie alors considérablement.

Cette espèce a fourni à Steenstrup le premier exemple de la reproduction de la forme *nourrice* chez les Trématodes. Cette reproduction a lieu par gemmation interne, et Steenstrup note expressément qu'il n'a pu l'observer que pendant les mois d'hiver. A ce moment, il a trouvé une assez grande quantité de Rédies dans la partie postérieure desquelles apparaissaient des germes sphériques très-semblables à ceux dont proviennent ordinairement les Cercaires, mais qui, par leur métamorphose ultérieure, devenaient de petites Rédies semblables à leur mère. (Tab. V, fig. 16). Steenstrup attribue à ces Rédies-mères un sac stomacal plus allongé que celui des Rédies ordinaires. (Comparer fig. 16 *g* à fig. 17 *g*.)

Steenstrup désigna ces nourrices de nourrices sous le nom de *grandes nourrices* (gross'ammen), réservant le nom de *nourrices* à celles qui en provenaient, et auxquelles il attribuait seules la génération de la forme larvaire (Cercaire) fig. 17, tandis que les grandes nourrices, selon lui, devaient provenir directement de la forme embryonnaire.

Le développement des jeunes Rédies dans les grandes dont nous reproduisons la série d'après les figures de Steenstrup (Tab. V, fig. 15, A-H), commence par des gemmes sphériques (A—B) formées par l'aggrégation de petites cellules, et non enveloppées d'une membrane. Ces gemmes grandissent; leur périphérie se durcit et leur forme une enveloppe (*c*); ils s'allongent toujours davantage, et laissent bientôt apercevoir à une de leurs extrémités un petit orifice (*a*) qui deviendra la bouche, et à l'autre un prolongement plus mince (*c''*) à la naissance duquel deux petits tubercules (*c'*) indiquent le commencement des appendices latéraux qui caractérisent la Rédie dont nous parlons.

A mesure que la Rédie grandit, ces différentes indications se dessinent de plus en plus; la cavité intérieure du corps s'augmente, et bientôt le pharynx (*b'*), dont on voit de très-bonne heure des traces, se complétant du sac stomacal (*g*), la

Rédie est entièrement formée et renferme déjà dans sa partie postérieure, derrière le fond du sac stomacal, des gemmes prêts à se développer.

Les Rédies de la *C. echinata* ont été trouvées dans le *Lymnæus stagnalis* et la *Paludina vivipara*. M. Dujardin les signale aussi dans la *Paludina impura.*

La découverte de la Rédie de la *C. echinata* est due à Bojanus, qui découvrit, en 1818, dans la substance du foie du *Lymnæus stagnalis*, des organismes vermiformes et mobiles, contenant dans leur intérieur des animalcules qu'il reconnut être des Cercaires, et pourvus dans leur partie postérieure de deux appendices en forme de tubes saillants ou de pieds.

D'après la description très-précise de la forme extérieure de ces organismes que Bojanus nomma *Vers jaunes* (Königsgelberwürmer), il est probable que ce sont des Rédies de la *Cerc. echinata*, qui offrent aussi ce caractère d'avoir deux appendices latéraux postérieurs.

L'observation de Bojanus n'est cependant pas la première qui ait été faite sur la forme nourrice des Trématodes, et, si nous remontons jusqu'à Swammerdam, nous trouvons la preuve que ces organismes, si fréquents dans nos mollusques d'eau douce, n'ont pas échappé à cet observateur consciencieux, et dont les travaux anatomiques, si remarquables pour leur époque, seront toujours des modèles de patience et d'exactitude.

En effet, nous trouvons dans son anatomie de la *Paludina vivipara*, une description [1] de petits vers vivant en quantité dans l'utérus de ce mollusque, et sur la

[1] «..... *Congeries mihi occurrebat particularum oblongarum, numerosissimarum, et longitudine et crassitie et figura nonnihil discrepantium, quas cum de locis suis dimoverem, omnes vivere et totidem vivos esse Vermiculos quot ejusmodi particularum ibi apparebant, comperiebam. Intus in his Vermiculis oblonga et transparens conspiciebatur stria, cinereogrisea. Quum vero Vermiculum talem dissecare susciperem bini e quolibet, imo terni, et nonnunquam quaterni prodibant intus conclusi Vermiculi eadem propemodum, ac Gyrinus Ranarum vel Cuculus marinus, figura. Capite crasso, caudaque tenui, donati. Priores quidem Vermiculi tardiuscule semet movebant; at hæc Animalcula, aquæ immissa, quam velocissime pronatabant, suasque caudulas fortiter admodum in flexus contorquebant. Fateor isthaec attonitum me redidisse, qui minime praevideram, tot atque tanta uno in Animalculo miracula mihi esse occursura, meque ignorantiæ et cæcitatis meæ, quoad causas horumce omnium tantopere convictum iri. Omnes hi Vermiculi particulam monstrabant subrotundam per medium ipsorum corpus transparentem; ad caudam vero nonnulli eminebant apiculi, molles pilis similes...* » (BIBLIA NATURÆ, p. 173, pl. IX, fig. 7—8.)

nature desquels, les détails qu'il donne sur leur contenu ne nous permettent pas de douter qu'il ait eu devant les yeux de véritables nourrices, et probablement même précisément l'espèce qui nous occupe, à en juger par l'habitat qu'il lui assigne et par les traces d'appendices latéraux qu'on peut apercevoir sur la figure assez grossièrement exécutée qui accompagne sa description.

2. Rédie de la *C. echinatoïdes* (Fil.) (Tab. V *bis*, f. 1).

Cette Rédie, découverte par Filippi [1], paraît extrêmement voisine de la précédente, dont elle n'est peut-être qu'une variété.

Comme la R. de la *C. echinata*, celle-ci présente ce caractère singulier d'avoir deux appendices latéraux postérieurs *(c')*, entre lesquels l'extrémité du corps plus amincie *(c'')* se prolonge comme une queue. L'extrémité antérieure forme une espèce de tête contractile, arrondie, séparée du reste du corps par un bourrelet *(b)* circulaire, et porte un orifice buccal terminal *(a)* suivi d'un pharynx musculeux *(b')* qui se continue avec un long sac stomacal *(g)*.

Ces Rédies très-vivaces dans le jeune âge, alors qu'elles ne renferment pas encore de traces de gemmes, deviennent tout-à-fait immobiles et comme des sacs inertes, lorsqu'elles sont distendues par les Cercaires qui se produisent dans leur cavité interne.

Filippi a constaté que ces Rédies qu'il a trouvées dans la *Paludina vivipara*, habitent le foie de ce mollusque quand elles sont jeunes, tandis que les grandes Rédies inertes ne se trouvent que dans l'utérus qu'elles encombrent quelquefois complétement. Ceci montre que les Rédies changent de place dans le mollusque qu'elles habitent, probablement pendant qu'elles sont jeunes et encore vivaces, et avant que le développement des Cercaires ait paralysé leur contractilité. Une fois dans l'utérus de la Paludine, au contraire, toute locomotion leur devient inutile, puisqu'elles se trouvent dans une cavité en communication avec l'extérieur, où leurs produits expulsés peuvent aisément arriver au dehors par les contractions mêmes du mollusque.

La différence la plus importante, signalée par Filippi entre cette Rédie et la

[1] Mém. p. servir à l'hist. génét. des Trématodes. L. C. p. 14, pl. II, fig. 19—25.

précédente, est qu'elle ne lui a jamais présenté le phénomène de reproduction par gemmation interne, de formes semblables à elle. D'autre part, reconnaissant que le nombre excessif de ces Rédies sur un même mollusque, ne permet guères de rattacher chacune d'elles à un embryon primitif, et doit être très-probablement dû à une reproduction sous une forme ou une autre des Rédies, Filippi émet l'hypothèse que cette reproduction est peut-être dévolue à une forme très-singulière, qu'il a rencontrée quelquefois dans l'intérieur des Rédies parmi des Cercaires, et qu'il nomme *Tetracotyle* (Tab. V *bis*, f. 1, B, *t* et T. VII f. 19).

Nous aurons à revenir plus loin sur cette forme effectivement très-remarquable, mais qui ne joue certainement aucun rôle dans la reproduction des Rédies, et paraît être un jeune Trématode.

Les très-jeunes Rédies, observées par Filippi, sont simplement ovoïdes, et dépourvues des deux appendices latéraux qui se remarquent chez les plus âgées, et ne possèdent encore aucune trace du sac stomacal. Peut-être, dans ce cas, la reproduction des Rédies se fait-elle tout simplement par *division*, comme dans les Sporocystes, à une époque où elles sont encore petites et d'une organisation très-simple ?

3. Rédie de la *C. neglecta* (Fil.) (Tab. V *bis*, f. 2).

Découverte par Filippi dans le tissu qui entoure l'intestin du *Lymnæus pereger*.

Cette Rédie a une forme allongée, cylindrique, une ouverture buccale, antérieure infundibuliforme (*a*), suivie d'un pharynx musculeux très-développé (*b'*), et d'un sac stomacal assez court (*g*).

Le corps cylindrique de la Rédie est séparé de l'extrémité antérieure par un étranglement, et paraît, d'après la figure, bifide à son extrémité postérieure.

4. Rédie de la *C. ephemera* (Tab. V *bis*, fig. 3).

Long. 4^{mm} environ. Cette Rédie, découverte par Siebold, est allongée, ovoïde, d'un jaune orangé, pourvue d'un orifice buccal (*a*) à l'extrémité antérieure qui est un peu amincie, suivi d'un petit pharynx musculeux (*b'*), immédiatement après

lequel l'intestin se dilate en un long tube irrégulièrement renflé et sinueux (*g*), et qui atteint presque jusqu'à l'extrémité postérieure de la Rédie.

Ce sac intestinal est généralement coloré en brun par les débris du tissu du foie qu'habite la Redie, et dont elle se nourrit.

Cette Rédie est animée de mouvements péristaltiques assez lents.

Siebold[1] signale dans cette espèce une reproduction des Rédies, et dit en avoir observé dans lesquelles, parmi des gemmes de Cercaires, se trouvaient des jeunes Rédies en voie de développement.

Comme Siebold dit avoir trouvé celles-ci parmi des *gemmes de Cercaires*, et non parmi des *Cercaires mêmes*, Steenstrup croit qu'il a pris pour telles des gemmes de Rédies, qui leur ressemblent beaucoup, n'admettant pas, d'après l'exemple des Rédies de la *C. echinata*, que ce qu'il appelle grandes nourrices puissent produire à la fois des nourrices et des Cercaires.

Les Rédies de la *C. ephemera* habitent le foie du *Planorbis corneus.*

5. Rédie de la *Cerc. Diesingii* (*Diplodiscus Diesingii* Fil.) d'abord nommée *Redia gracilis* (Fil.) (Tab. V *bis*, f. 5).

Allongée, cylindrique, extrémité antérieure tronquée et portant un large orifice buccal infundibuliforme (*a*), suivi d'un pharynx très-musculeux (*b'*), et d'un œsophage terminé par un sac stomacal très-court et sphérique. C'est par erreur que Filippi avait d'abord figuré et décrit l'intestin comme un canal flexueux, erreur reproduite ici (tab. V *bis*, 5 *g*), et due à l'insuffisance des moyens d'observation, car cette apparence d'intestin était occasionnée par la disposition linéaire des gemmes de Cercaires, comme Filippi vient de le reconnaître et de le rectifier dans son dernier Mémoire. (Acad. des Sc. de Turin, série II, tome XVI, 1855.)

Cette Rédie a été trouvée dans les *Planorbis nitidus* et *vortex* par Filippi, qui la prit d'abord pour un animal particulier, et la décrivit[2] sous le nom de *Redia gracilis.* Plus tard ayant constaté que cette *Rédie* produisait dans son intérieur des êtres cercariformes qu'il avait anciennement observés et nommés *Diplodiscus Diesingii*[3], il

[1] Burdach's Physiologie. T. III (tr. fr.).

[2] Bibl. ital. 87. (1837.)

[3] D'après de récentes observations du même auteur, le *Diplodiscus Diesingii* se trouve être la larve ou la Cercaire de l'*Amphist. subclavatum* des Batraciens.

reconnut sa véritable signification comme *nourrice*, mais conserva le nom de Rédie, pour distinguer les nourrices construites sur le même type, c'est-à-dire pourvues d'un sac intestinal, d'un pharynx et d'une bouche, des Sporocystes plus simplement organisés, distinction que nous avons adoptée dans ce travail.

Il ne nous reste plus pour terminer cette énumération des différentes formes de nourrices actuellement connues, qu'à mentionner une dernière espèce de Rédie, remarquable en ce qu'elle présente une particularité, dont nous avons signalé plusieurs exemples dans les Sporocystes proprement dits, celle de produire des Cercaires sans queue. C'est la :

6. Rédie de la *Cerc. Paludinæ impuræ (Distomum Paludinæ impuræ)* (Fil.)
(Tab. V *bis*, fig. 4).

Cette Rédie, découverte par Filippi dans la *Paludina impura*, est ovoïde, allongée, amincie à son extrémité antérieure, qui ressemble assez à un goulot de bouteille (fig. 4, A); tandis que le reste de son corps est très-dilaté et presqu'arrondi.

L'extrémité antérieure porte un orifice buccal (*a*) et un pharynx musculeux *(b')* fortement renflé, suivi d'un œsophage mince, qui se dilate brusquement en un large sac stomacal (*g*) flottant dans la partie dilatée du corps. Ces Rédies jeunes sont très-allongées et de forme cylindrique, leur sac stomacal est court, et elles sont alors extrêmement vivaces. Mais, plus tard, comme toujours, le développement des Cercaires, dans leur intérieur, leur fait perdre graduellement leur contractilité, leurs mouvements diminuent et finissent par cesser complétement.

Cette espèce a fourni à Filippi un exemple de reproduction analogue à celui des Rédies de la *C. echinata*, c'est-à-dire par formation de jeunes Rédies à l'intérieur d'une autre, c'est du moins probablement la signification qu'il faut attribuer à des corps oblongs, transparents, sans ventouses, pourvus d'un sac intérieur peu distinct, qui, dans le cas indiqué, occupaient la cavité interne de la Rédie-mère (f. 4, B, *f*).

C'est peut-être à cette forme qu'il faut rapporter une Rédie indiquée par Bær dans la *Palud. impura*, et qu'il décrit comme pourvue d'une bouche cupuliforme, conduisant dans un sac rond, et remplie d'embryons plus ou moins avancés, sans queue, qui se développaient en vrais Distomes longs de 1^{mm}, et pouvant suppor-

ter assez longtemps le séjour dans l'eau. Ces différents détails correspondent entièrement avec ceux indiqués par Filippi, et paraissent bien s'appliquer à la même espèce, ou tout au moins à une espèce très-voisine.

Il faut encore ajouter à cette énumération des Sporocystes, le fameux organisme découvert par Siebold dans l'embryon du *Monost. mutabile* (Pl. V, fig. 14), qui, par la nature de ses rapports avec l'embryon (§ 44) et l'analogie de sa forme avec celle des nourrices des *C. echinata, echinatoïdes*, etc., paraît devoir être rangé dans la catégorie des Rédies, mais sur l'habitat et l'organisation duquel nous n'avons encore aucun renseignement.

80.

En résumé, les Sporocystes sont des organismes vivants, parasites, d'une organisation très-simple, provenant directement de la forme embryonnaire à laquelle ils succèdent et par laquelle ils sont transportés dans le milieu favorable à leur développement ultérieur. Arrivés dans ce milieu, qui paraît être jusqu'à présent les cavités internes et les viscères des mollusques en général, ils s'y développent, se multiplient même dans certains cas, et génèrent dans leur intérieur des gemmes plus ou moins nombreux, qui croissent, se développent et deviennent de nouveaux êtres, entièrement dissemblables à celui qui les a produits, et voisins de la forme adulte de l'espèce. Les Sporocystes trouvent dans ce fait même le terme de leur existence comme organismes, et deviennent, aussitôt leur contenu expulsé, des dépouilles inertes et désormais inutiles.

Les formes nouvelles qui ont pris naissance dans les Sporocystes, sont appelées à des transformations ultérieures dont le résultat est le retour de chacune d'elles à la forme définitive de l'espèce, et que nous allons successivement passer en revue.

Additions aux Chapitres deuxième et troisième.

Le chapitre précédent venait d'être imprimé, lorsque j'eus connaissance de deux mémoires récents sur les animaux qui font le sujet de ce travail. L'un, de M. de la Vallette de St.-George[1]; l'autre d'un auteur que nous avons déjà souvent eu occasion de citer, M. de Filippi[2], de Turin.

Ces deux travaux, riches en faits nouveaux et intéressants, dont plusieurs relatifs à des formes déjà connues, soit rectifiant des erreurs antérieures, soit ajoutant à leur histoire des détails échappés jusqu'alors aux observateurs, renferment en particulier sur les premières phases du développement des Distomides, que nous avons déjà traitées dans ce qui précède, quelques observations nouvelles que nous nous empressons de mettre à profit dans cet appendice.

81.

Additions au Chap. II. — Forme *Embryonnaire*.

§ 44. (P. 45.)

Embryon du *Monostomum mutabile,* observé par M. de la Vallette[3], dans des œufs longs de $0^{mm},15$ à $0^{mm},18$, qui contiennent toujours quelques granulations, restes du vitellus, circulant dans l'espace vide que laisse l'embryon entre lui et la paroi de la coque, obéissant à l'impulsion des cils vibratils toujours en mouvement de ce

[1] Symbolæ ad Trematodum evolutionis historiam. (Berlin, 1855.)

[2] Deuxième mémoire pour servir à l'histoire génétique des Trematodes. (Mémoires de l'Académie des sciences de Turin, série II. XVI.)

[3] L. C., p. 10.

dernier. (J'ai constaté le même fait dans les œufs du *Dist. nodulosum*.) Les œufs sont munis d'un opercule qui se soulève pour laisser sortir l'embryon, dont les dimensions longitudinales peuvent, suivant son état de contraction ou d'extension, varier de 0^{mm}, 11 à 0^{mm}, 24, et dont l'organisation est tout-à-fait conforme à la description qu'en avait antérieurement donnée de Siebold. Dans le corps interne signalé par cet auteur dans l'embryon en question et que sa forme a permis de regarder comme une nourrice (Rédie), M. de la Vallette a constaté, avec la plus grande évidence, le pharynx si caractéristique des Rédies, fait qui lève tous les doutes, si toutefois il en reste encore, sur sa véritable nature.

Un autre auteur, dont le travail est encore malheureusement inédit, M. le docteur Guido Wagener, signale quelques faits importants sur l'organisation de l'embryon du *M. mutabile*, que nous trouvons indiqués dans une lettre adressée à M. de Filippi, et que celui-ci reproduit dans son dernier mémoire[1]. D'après M. Wagener, l'embryon en question serait pourvu d'un système vasculaire, d'un corps lentiforme dans chacune de ses taches antérieures (Pl. I de ce mém., fig. 22, A, B, *d*) et la Rédie enfermée dans son intérieur, laisserait déjà voir, outre le pharynx, qui, comme nous venons de le rappeler, a aussi été aperçu par M. de la Vallette, un intestin et un système vasculaire.

82.

§ 48. (P. 48.)

Dans l'embryon du *Dist. cygnoïdes*, ainsi que dans plusieurs autres qu'il ne nomme pas, M. Wagener a aussi constaté l'existence d'un système vasculaire à cils vibratils.

83.

§ 52. (P. 51.)

Embryon de la *C. virgula*. (Fil.) M. de Filippi donne dans son dernier mémoire[2] quelques détails plus circonstanciés sur la transformation de cet embryon

[1] L. C., p. 24 Appendice.

[2] L. C., p. 7. *(Pl. I. fig. 8-10.)*

infusoréiforme en sporocyste. Semblable aux Bursaires par son apparence extérieure, Filippi l'a vu successivement perdre ses cils, ses téguments s'épaissir, ses contours se dessiner d'une manière plus distincte, et des vésicules, qui ne sont autres que des gemmes de Cercaires, apparaître dans son intérieur ; à ce point, on ne le distingue presque plus des sporocystes avoisinants, la métamorphose est complète. Ces embryons et les sporocystes qui en dérivent ont été observés dans la *Paludina impura* (Moncalier).

Cette observation très-précise, et qui nous fait clairement connaître l'origine des sporocystes, vient tout-à-fait à l'appui de celle de Steenstrup dont nous avons déjà parlé (§ 52 et 76, 1), sur l'origine des sporocystes de la *Cerc. duplicata.*

On peut en dire autant de l'observation de Filippi sur l'embryon cilié, à moitié décomposé, contenant une jeune Rédie que cet auteur a trouvé dans un *Lymnæus palustris*, parmi une foule de Rédies de la *C. coronata*, et qui, rapprochée de celle de Siebold sur l'embryon du *M. mutabile*, donne un grand poids à l'opinion qui admet que les Rédies sont générées dans l'embryon, et n'en proviennent pas par métamorphoses comme les sporocystes, fait qui, comme nous l'avons dit (§ 70), est en rapport avec le degré relatif d'organisation de ces deux catégories de nourrices.

84.

M. de la Vallette décrit encore dans son beau travail des œufs[1] longs de 0mm,1, larges de 0mm,076, contenant un embryon[2] développé, recourbé, couvert de cils dont les vibrations imprimaient aux granules, résidus du vitellus non employé pour la formation de l'embryon, des mouvements onduleux très-prononcés. En comprimant un peu ces œufs, l'embryon devenait plus visible ; long de 0mm,16, en forme de massue, son extrémité antérieure, large de 0mm,03, obtuse, irrégulière, crénelée, présentait une ouverture arrondie évidente[3]. Peu au-dessous du milieu du corps, tous les embryons laissaient voir deux lignes circulaires[4] très-semblables à une ventouse en voie de développement, au-dessous de laquelle on voyait un rudiment de corpuscule granuleux[5]. En outre, peu au-dessous de la bouche, l'auteur a cru voir un canal vibratil *(vas ciliare)*.

[1] L. C., p. 9. (*Tab. I, fig. XV, 1.*) — [2] *Fig. XV, 2.* — [3] *Fig. XV, 2. m.* — [4] *Fig. XV, 2, s.* — [5] *Fig. XV, 2, t.*

L'extrémité postérieure de l'embryon, d'abord renflée en massue, large de $0^{mm},06$, était ensuite un peu atténuée. La surface de son corps était couverte des cils vibratils, longs de $0^{mm},016$, au moyen desquels il pouvait progresser très-rapidement dans l'eau.

Les œufs de cet embryon ont été trouvés par M. de la Vallette sur la tunique muqueuse intestinale du *Sterna*[1] *cantiaca* à Helgoland.

L'habitat de ces œufs dans la cavité intestinale, où ils sont naturellement déposés par l'adulte, l'organisation des embryons, en tous points semblable à celle que nous avons jusqu'à présent reconnue aux embryons des Trématodes, autorisent complètement à regarder comme appartenant à cette catégorie l'embryon dont nous venons de parler. Un seul détail exceptionnel de son organisation est digne d'attention, c'est cette apparence de ventouse sur laquelle M. de la Vallette insiste, et qui le porte à se demander si tous les embryons de Distomides sont nécessairement soumis à la génération alternante, et s'il n'y en a pas qui y échappent et peuvent se transformer directement sans intermédiaire.

Jusqu'à nouvel ordre, cette question ne peut être tranchée, aucune observation n'ayant encore été faite dans ce sens.

Le développement simple de l'aspidogaster ne peut être invoqué ici comme un fait à l'appui, car nous avons vu (§ 4) que cet animal n'est point un vrai Distomide.

Cet embryon nous semblerait plutôt appartenir à une forme de Distomides autre que celles examinées jusqu'à présent, et probablement au genre Holostome, le seul dont on ne connaisse pas encore les embryons. Nous ne donnons ceci que comme une hypothèse, sans valeur tant qu'elle n'aura pas reçu la sanction de l'observation positive, mais qui n'est cependant pas dénuée de toute vraisemblance, si on se rappelle que la grande majorité des espèces du genre *Holostome* vit dans les oiseaux et principalement dans les échassiers et les palmipèdes. Nous pouvons tirer encore une assez forte présomption en faveur de cette supposition, des dimensions assignées par M. de la Vallette à ses œufs qui ont $0^{mm},1$ de longueur sur $0^{mm},076$, dimensions inférieures à celles qu'offrent les œufs des Amphis-

[1] Genre d'oiseaux de l'ordre des PALMIPÈDES, famille des LONGIPENNES.

tomes et Monostomes des oiseaux, et supérieures à celles des œufs de Distomes. Il n'y a que les œufs du *Dist. hepaticum,* une des plus grandes espèces du genre, qui atteignent ou dépassent un peu 0mm,1 : ceux de toutes les autres espèces qu'on a pu observer ne dépassent pas 0mm,9. Au contraire, les dimensions moyennes des œufs des Holostomes coïncident entièrement avec celles indiquées par M. de la Vallette.

85.

Le résultat le plus important des observations nouvelles que nous venons de rappeler, est la constatation chez plusieurs embryons, de quelques détails d'organisation qui, jusqu'à présent, ont passé inaperçus, mais qui, il est vrai, méritent d'être confirmés par de nouvelles recherches, et ne doivent être encore acceptés que sous toute réserve. En effet, il est assez étonnant que M. de la Vallette, dont les observations sont très-précises et exactes, n'ait vu ni le corps lentiforme dans les taches pigmentaires du *Monost. mutabile,* ni le système vasculaire, signalés par Wagener.

86.

Additions au Chap. III. — Forme *Nourrice.*

A. Espèces déjà connues.

A. SPOROCYSTES.

§ 76. (P. 77.)

Sporocystes de la *C. armata* (Sieb.) ont été fréquemment trouvés dans la *Paludina impura* et le *Lymnæus stagnalis* (Berlin), par la Vallette [1], qui leur assigne pour dimensions 0mm,15 à 1mm de long, 0mm,5 à 0mm,13 de large.

M. de Filippi [2] a rencontré également des Sporocystes de cette espèce, longs de 2mm, d'une couleur d'un blanc-jaunâtre, dans le rein, le foie et autres tissus du

[1] L. C., p. 18.
[2] Second mém. L. C., p. 1, *Tab. I, fig. 4.*

Lymnæus palustris (environs de Moncalier), auxquels ils adhéraient fortement, fixés par une de leurs extrémités. Filippi leur a reconnu deux enveloppes, renfermant dans leur intervalle une substance granuleuse. Cette organisation, semblable à celle que j'ai observée dans les Sporocystes de la *Cerc. limacis* (§ 76, nº 11), n'avait pas encore été signalée chez ceux de la *Cerc. armata*, ni d'aucune autre espèce.

87.

Sporoc. de la *Cerc. microcotyla* (Fil.), *Cerc. pugnax* (la Vall.), et *C. chlorotica* (Dies.) *Cerc. II* (Baer).

M. de la Vallette[1] a décrit sous le nom de *Cerc. pugnax* une espèce de Cercaire et son Sporocyste, identique à l'espèce antérieurement publiée par de Filippi[2] sous le nom de *C. microcotyla*, que nous conservons comme ayant la priorité. Cette identité, qui ressort surtout de la comparaison des Cercaires, a, du reste, été reconnue par les auteurs eux-mêmes, et peut, par conséquent, être acceptée sans difficulté.

Les Sporocystes de cette espèce, observés par M. de la Vallette, avaient de 0^{mm},13 à 0^{mm},52 de long; complètement incolores et dénués de toute organisation, leurs parois n'étaient formées que d'une membrane mince, enveloppant, au nombre de 10-40, les gemmes de Cercaires. Très-nombreux, ils formaient, par leur accumulation, une masse blanche caséeuse dans l'appareil génital de la *Paludina vivipara*. (Berlin.)

88.

§ 76. (P. 81.)

Sporoc. de la *Cerc. vesiculosa* (Dies.) *Cerc. I.* Baer.

Cette espèce, qui n'avait pas été revue depuis Baer, qui n'en a donné qu'une description et des figures très-imparfaites, vient d'être de nouveau observée par M. de

[1] L. C., p. 19.

[2] Prem. mém. L. C., p. 7.

la Vallette[1], qui l'a rencontrée dans les organes génitaux de la *Paludina vivipara* (Berlin). Les Sporocystes ont de $0^{mm},2$ à $0^{mm},4$ de long, sur $0^{mm},2$ à $0^{mm},26$ de large, et contiennent de trois à six Cercaires.

89.

§ 76. (P. 82.)

Sporoc. de la *Cerc. virgula*. (Fil.)

Cette espèce a été récemment le sujet de recherches très-suivies de la part de M. de Filippi[2] et lui a fourni plusieurs résultats intéressants dont nous parlerons en faisant l'histoire de cette Cercaire.

A part quelques détails sur la provenance par métamorphose d'un embryon cilié, des Sporocystes de cette espèce, et dont nous avons déjà parlé à propos de ce premier (§ 83), M. de Filippi n'ajoute rien de nouveau sur ces derniers, d'une structure d'ailleurs très-simple et très-semblables aux Sporocystes de la *Cerc. microcotyla*. Habite la *Paludina impura* (Pavie. Moncalier).

90.

§ 76. (P. 85.)

Sporoc. de la *Cerc. Buccini* (Nassa) *mutabilis*. (Filippi.)

Espèce marine, trouvée par Filippi[3] dans le *Bucc. mutabilis* (Golfe de Gênes). Sporocystes pyriformes, terminés antérieurement par une petite protubérance arrondie (probablement analogue au prolongement contractile antérieur qu'on remarque chez plusieurs Sporocystes).

[1] L. C., p. 19, 20.
[2] Second mém. L. C., p. 5.
[3] id. L. C., p. 17, *pl. II, f. 18*.

91.

B. RÉDIES.

---

§ 79. (P. 90.)

Rédie de la *Cerc. echinata.* (Sieb.)

M. de la Vallette signale dans cette Rédie une ouverture[1], située au-dessous de l'étranglement de la partie antérieure, légèrement saillante, et par laquelle les Cercaires sortent quand elles ont atteint leur maturité.

Cette ouverture paraît déjà avoir été entrevue par Steenstrup[2], car il dit que les Cercaires peuvent sortir de leur Rédie par deux points différents; tantôt par les côtés du corps, au-dessous de l'étranglement qui sépare le corps du cou (portion antérieure contractile), et cela sans le secours d'aucune action extérieure, telle que la compression; tantôt par la face ventrale, entre les deux processus latéraux, mais dans ce cas seulement quand les Rédies se trouvaient comprimées par une lame de verre. Ceci trouve son explication toute naturelle dans l'existence de cet orifice antérieur, que la Vallette signale dans cette Rédie et qu'il a également retrouvé dans quelques autres espèces. Ajoutons encore que Steenstrup croit avoir vu deux ouvertures entourées d'un bourrelet saillant et placées au niveau de l'étranglement. Depuis Steenstrup aucune observation nouvelle n'avait été faite sur cet *orifice déjecteur* de la Rédie de la *C. echinata;* M. de la Vallette est donc le premier qui ait positivement constaté son existence.

Habite le foie du *Lymnæus stagnalis* (Berlin).

92.

§ 79. (P. 93.)

Rédie de la *Cerc. echinatoïdes* (Fil.) — *Cerc. echinifera.* (La Vall.)

M. de la Vallette[3] décrit dans son travail, sous le nom de *Cerc. echinifera,* une

[1] L. C., p. 16, *tab. I, fig. B et H z.*

[2] Generationswechsel, etc..... p. 67.

[3] L. C., p. 14, *tab. I, fig. A-B.*

Cercaire et sa Rédie, identiques à l'espèce précédemment nommée par M. de Filippi *Cerc. echinatoïdes.*

Les Rédies de cette espèce, observées par M. de la Vallette[1], ont de $0^{mm},8$ à $1^{mm},5$ de longueur et de $0^{mm},07$ à $0^{mm},23$ de largeur vers le milieu du corps. Forme cylindrique, extrémité antérieure épaissie, la postérieure atténuée, offrant deux processus latéraux obliques, courts et obtus. Incolores, presque demi-transparentes. Sac stomacal rempli d'un contenu jaune. Bouche[1] large de $0^{mm},01$, pharynx musculeux, conduisant immédiatement dans un sac stomacal cylindrique[2] s'étendant dans toute la longueur de la cavité du corps. M. de la Vallette indique, sur la figure qu'il donne de cette Rédie, un orifice[3] très-évident, situé derrière la partie céphalique, destiné à faciliter la sortie des Cercaires, et semblable à celui qu'il a trouvé chez la Rédie de la *C. echinata;* mais il n'en parle pas dans sa description.

Habite le cœur et les organes génitaux de la *Paludina vivipara.* (Berlin.)

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES. — La Rédie de la *C. echinatoïdes* est très-voisine de la *C. echinata,* cependant elle en diffère par quelques points de structure, principalement : 1° par la forme cylindrique et la longueur de son sac stomacal[4], qui est au contraire court et bursiforme[5] dans la seconde ; 2° par la brièveté de ses processus latéraux postérieurs[4], qui, vus de profil, ne font qu'une faible saillie et sont à peine visibles chez les jeunes individus, tandis que chez la R. de la *C. echinata*[5], ils sont fortement proéminents; enfin 3° par l'absence totale de coloration[4], tandis que la Rédie de la *C. echinata* se distingue par sa couleur d'un jaune orangé[5] très-prononcé.

93.

§ 79. (P. 95.)

Rédie de la *Cerc. Amphistomi subclavati. (Redia gracilis,* Fil.) — (Rédie du *Diplodiscus Diesingii,* Fil.)

Cette Rédie fut découverte en 1837 par M. de Filippi et décrite par lui comme un

[1] L. C. *(Tab. I. B. m.)* — [2] *(Tab. I. B, y.)* — [3] *(Tab. I. B, z.)* — [4] *(Tab. I. B.)* — [5] *(Tab. I. H.)*

animal parasite spécial sous le nom de *Redia gracilis*[1]. Plus tard, il reconnut que c'était la nourrice d'une espèce de Cercaire qu'il avait rencontrée libre et nommée *Diplodiscus Diesingii*[2], nom auquel Diesing a fort inutilement substitué celui de *Diplocotyle mutabile*. Dans ces derniers temps, M. de Filippi a eu occasion de mieux observer et de suivre le développement de ces deux formes transitoires, et vient de faire connaître les résultats de ses recherches dans son dernier travail[3].

La Rédie de cette espèce est cylindriforme, allongée, terminée postérieurement en pointe. Pharynx développé et très-musculeux, suivi d'un sac stomacal très-court et presque sphérique. Le reste de la cavité du corps de la Rédie est occupé par les gemmes des Cercaires.

Cette Rédie a été trouvée par Filippi, lors de ses premières observations, dans le *Planorbis nitidus* (Ticini), et dernièrement dans le *Planorb. vortex* des ruisseaux (Moncalier).

Dans la figure qu'il donna de la *Redia gracilis*, en 1837, la seule qu'on ait eu jusqu'à ses dernières observations sur cette forme singulière, M. de Filippi figura le sac stomacal comme un tube flexueux étendu dans toute la longueur du corps (Tab. V bis de ce Mém., fig. 5 *g*). Muni de meilleurs instruments, cet auteur a reconnu que ce qu'il avait d'abord pris pour l'intestin n'était qu'une apparence produite par la disposition des gemmes de Cercaires, et nullement le sac stomacal, qui, comme nous venons de le voir, est court et globuleux, et se trouve du reste déjà indiqué dans l'ancienne figure de Filippi, que nous avons reproduite ici[4] (V bis, f. 5) par une masse ovoïde ombrée placée un peu au-dessous du pharynx.

94.

§ 79. (P. 97.)

Rédie contenue dans l'embryon du *Monost. mutabile*.

Nous avons déjà vu, en parlant de l'embryon de cette espèce (§ 81), que M. de la

[1] Bibl. ital. LXXXVII. 336, fig. 6-7.
[2] id. 334, fig. 1-5.
[3] Second Mém. L. C., p. 14, tab. II, f. 15.
[4] Les planches de ce travail ayant été exécutées longtemps avant la publication du dernier Mémoire de

Vallette[1] a constaté dans l'organisme qu'il renferme un pharynx très-évident, et que M. Wagener[2], qui a aussi vu le pharynx, y ajoute un sac stomacal et un système vasculaire.

Cet organisme vivant inclus dans un autre, si longtemps problématique, est donc bien et incontestablement par sa forme et son organisation une véritable Rédie, appartenant à la série du développement d'un Monostome.

95.

B. Espèces nouvelles.

A. SPOROCYSTES.

Sporocystes de la *Cerc. ornata.* (La Vall.)

Observés par M. de la Vallette[3], qui les décrit et les figure comme des corps allongés, ovoïdo-cylindriques, à parois assez épaisses, de couleur jaune, contenant beaucoup de gemmes de Cercaires ou des Cercaires développées, et habitant le foie du *Planorbis corneus* (Berlin).

96.

Sporoc. de la *Cerc. gracilis.* (La Vall.)

Décrits par M. de La Vallette[4], consistant en longs filaments embrouillés pénétrant dans la substance du foie du mollusque habité.

Longs de 2-4 millimètres, larges de $0^{mm},2$. Leur extrémité antérieure[5] est contractile, et peut s'allonger et se raccourcir ; l'extrémité postérieure obtuse et remplie de Cercaires est dépourvue de toute contractilité. Ils sont formés d'une membrane externe, très-délicate, facile à distinguer lorsqu'on soumet ces organismes à l'action de la potasse caustique, qui dissout la couche sous-jacente, contractile, épaisse et

Filippi, nous avons dû reproduire la seule figure qui existât encore de la Rédie de l'*Amphist. subclavatum*, celle que cet auteur avait publiée en 1837 et qu'il a reproduite plus récemment (1854) dans son *Premier Mémoire pour servir*, etc. (Pl. I, fig. 4.)

[1] L. C., p. 10.

[2] De Filippi. Deuxième Mém. pour servir, etc. L. C., p. 24.

[3] L. C., p. 18. Tab. I, fig. N.

[4] La Vallette. L. C., p. 20 *(Tab. I, fig. XIII. A.)* — [5] *(XIII. A. a.)*

musculaire [1]. Sur cette enveloppe externe on remarque un réseau de très-petites cellules [2]. (Ces petites cellules ne sont autres que des granulations foncées qui se retrouvent dans un grand nombre de Trématodes à tous les états, et qui se disposent à la surface du corps, dans ou immédiatement au-dessous de l'épiderme, ordinairement en séries linéaires, forment quelquefois des amas dans certains points etc. ; ces séries linéaires simples ou multiples s'entrecroisent de toutes les manières, et dessinent les figures les plus variées, ordinairement irrégulières, quelquefois cependant assez régulières pour prendre un aspect réticulé, comme c'est le cas pour cette espèce de Sporocyste ; c'est ce réseau que M. de la Vallette prend pour des cellules juxtaposées, quoique la figure qu'il en donne rende parfaitement la disposition que nous avons observée dans maintes circonstances, et qui, nous venons de le dire, était due à des granulations formant des séries linéaires plus ou moins entrecroisées.)

M. de la Vallette a vu sortir les Cercaires de cette espèce près de l'extrémité protractile au-dessous de laquelle il a trouvé une protubérance [3] percée d'une ouverture par laquelle les Cercaires pouvaient s'échapper, et analogue à celle qu'il a constatée chez plusieurs espèces de Rédies. (*Cerc. echinata, echinifera* et *spinifera*.) Ces sporocystes, remarquables par leurs mouvements vermiculaires parfois très-énergiques, habitent le foie du *Planorbis corneus*. (Berlin.)

97.

Sporoc. de la *Cerc. fissicanda*. (La Vall.) [4].

Allongés, d'un blanc jaunâtre, sans traces d'organisation, doués de mouvements vermiculaires.

Habitent le *Lymnæus stagnalis*. (Berlin.)

98.

Sporoc. de la *Cerc. ocellata*. (La Vall.) [5].

Filiformes, très-allongés, présentant sur leur longueur beaucoup d'étranglements larges de $0^{mm},039$; les points non étranglés ont $0^{mm},13$ de large. Ces Sporocystes

[1] La Vallette *(XIII. A. b.)* — [2] *(XIII. A. x.)* — [3] *(XIII. A. z.)*

[4] L. C., p. 21.

[5] id. 22.

sont colorés en jaune, contiennent un grand nombre de Cercaires, et ont été trouvés dans le *Lymnæus stagnalis*. (Berlin.)

99.

Sporoc. de la *Cerc cristata*. (La Vall.) [1].

Filiformes très-allongés, trouvés dans le testicule et le foie du *Lymnæus stagnalis*. (Berlin.)

100.

B. RÉDIES.

M. de la Vallette[2] décrit, sans lui donner de nom, une forme de Cercaire très-voisine de la *Cerc. echinata*, mais dont la Rédie diffère notablement de celle de cette dernière. Au point où les autres Rédies présentent ce bourrelet circulaire qui sépare l'extrémité céphalique du reste du corps, on voit dans celle-ci trois éminences [3], dont aucune n'est perforée pour le passage des Cercaires. Les deux processus latéraux postérieurs sont très-développés et protractiles, d'une longueur remarquable et terminés par un renflement chez les jeunes individus[4]. L'intestin[5] qui s'étend dans toute la longueur du corps, est rempli d'un contenu jaunâtre.

Cette espèce a été trouvée dans le *Lymnæus stagnalis*. (Berlin.)

101.

Rédie de la *Cerc. spinifera*. (La Vall.)[6].

Espèce voisine de la *C. echinifera* (La V.), mais en différant par sa Rédie qui est toujours d'une couleur orangée, pourvue d'un estomac court, bursiforme[7], et d'un orifice antérieur placé sur un bourrelet protractile[8] par lequel les Cercaires peuvent arriver au dehors.

Trouvée dans le *Planorbis corneus* (Berlin.), jamais dans la *Palud. vivipara*.

[1] La Vallette. L. C., p. 23.

[2] L. C. N. IV, p 17. (*Tab. I, fig. XII.*) — [3] (*Fig. XII, k, k', k''.*) — [4] (*Fig. XII, i.*) — [5] (*Fig. XII, y.*)

[6] La Vallette. L. C., p. 12. (*Tab. I, f. XI.*) — [7] (*Fig. XI, y.*) — [8] (*Fig. XI, z.*)

102.

Rédie de la *Cerc. coronata.* (Fil.)[1].

Espèce très-remarquable, découverte par M. de Filippi, et décrite dans son dernier Mémoire.

Sa Rédie, longue de 2 mill., est construite sur le type de celle de la *Cerc. echinata,* et offre comme celle-ci un étranglement antérieur, séparant la portion céphalique du reste du corps, et deux prolongements latéraux postérieurs protractiles et rétractiles. Son pharynx volumineux et fortement strié, est suivi d'un œsophage mince conduisant dans un sac stomacal cylindrique, allongé et flexueux, rempli d'un contenu jaunâtre. Des deux côtés de l'intestin on remarque un vaisseau longitudinal, assez large[2], fortement flexueux et très-transparent, dont M. de Filippi n'a pu suivre ni l'origine ni la terminaison. En outre, de chaque côté du corps de la Rédie, dont l'enveloppe est assez épaisse, se trouve un système de canaux vibratils[3] présentant des ramifications nombreuses et très-fines, et qui sont peut-être en rapport avec les canaux plus gros. La cavité du corps de la Rédie est irrégulièrement traversée par des brides fibreuses.

Ces Rédies ont été trouvées dans les *Lymnaei stagnalis* et *palustris* (Moncalier.)

M. de Filippi a eu occasion d'observer sur cette espèce la reproduction des Rédies, qui lui a offert des particularités assez remarquables que nous devons indiquer. La Rédie de la *C. coronata* ne renferme jamais plus d'une Cercaire développée[4], toutes les autres sont à l'état de gemmes[5].

Il en est de même pour les jeunes Rédies : il s'en développe une[6] dans la Rédie-mère, dont le reste du contenu consiste en gemmes non développés, parmi lesquels se trouve la Cercaire unique[7] dont nous venons de parler. Il n'y a donc pas ici de Rédies uniquement chargées de reproduire des Rédies (*grandes nourrices* de Steenst.), et des Rédies chargées de générer des Cercaires, *nourrices* proprement dites, mais

[1] Filippi; deux. Mém., etc. L. C., p. 10. (*Tab. I, fig. XI.*)

[2] (*Tab. I, XI, d.*) — [3] (*XI, e.*) — [4] (*XI, b.*) — [5] (*XI, a.*) — [6] (*Fig. XI, c.*) — [7] (*XI, b.*)

une Rédie peut être à la fois l'une et l'autre. Cette espèce présente donc, d'une manière constante et normale, un cas qui chez les R. de la C. *echinata* ne se rencontre qu'exceptionnellement[1], et vient complètement confirmer ce que nous avons déjà dit (§ 68) au sujet de la distinction qu'a voulu établir Steenstrup entre les *grandes nourrices* et les *nourrices*.

Les Rédies-mères de la *C. coronata*, c'est-à-dire celles qui sont destinées à produire une jeune Rédie[2], se distinguent, d'après Filippi, de celles qui ne produisent que des Cercaires[3], par un bulbe pharyngien plus grand.

Mais il n'y a là aucun rapport à établir entre les dimensions du pharynx et la *production* de Cercaires, puisque les Rédies à grand pharynx donnent aussi naissance à des Cercaires; et encore, pour établir ce rapport entre le pharynx et la *reproduction* des Rédies, faudrait-il prouver que les Rédies de la seconde génération ne reproduisent jamais d'autres Rédies. D'ailleurs, la comparaison étant faite sur des sujets d'âges très-différents, il est possible que la croissance modifie le bulbe pharyngien des jeunes Rédies et détruise par conséquent la différence que Filippi a cru devoir établir entre ces deux formes.

Les jeunes Rédies se développent de gemmes très-semblables à ceux des Cercaires, ce n'est que lorsqu'elles ont atteint à peu près leurs dimensions normales, qu'on peut commencer à les distinguer à leur forme allongée, à leur plus grande opacité, et à leur surface tuberculée. L'intestin paraît alors sous forme d'un tube droit clos aux deux bouts, qui manifeste déjà, avant le reste du corps, des mouvements vermiculaires lents mais énergiques. Il continue à s'allonger, devient flexueux sans pourtant communiquer encore avec le pharynx; la forme du corps se dessine, les appendices latéraux se montrent, et la jeune Rédie présente alors des mouvements spontanés.

Son intestin renferme presque toujours à ce moment un cristal octaédrique à base carrée, qui se déplace librement sous l'influence des contractions de l'intestin.[3]

[1] Physiologie de Burdach, t. III.
[2] Filippi. L. C. (*Tab. I, fig. XI.*)
[3] Id. (*Tab. I, fig. XIII.*)

Quant à l'origine des Rédies de la *C. coronata*, nous la connaissons par l'observation de M. Filippi sur l'infusoire mort trouvé parmi d'autres Rédies de la même espèce, dans un *Lymnæus palustris*, et contenant dans son intérieur un corps oblong à contours distincts, que tous les faits de même nature que nous connaissons déjà autorisent complètement à regarder comme une jeune Rédie.

Les Rédies de la *C. coronata* présentent cette particularité, qu'au lieu de s'atrophier par la suite de l'évolution de leur contenu, elles conservent toujours leur vitalité, et changent de place, tendant à se diriger vers la surface du corps du mollusque, et même à en sortir, car Filippi en a rencontré entre le manteau et la coquille. Il constate aussi que l'épaisseur et la résistance de leurs parois les rendent difficiles à déchirer lorsqu'on veut faire sortir leur contenu. Cette durée de la vitalité est en rapport avec le fait signalé plus haut par Filippi, du développement d'une seule Cercaire à la fois dans chaque Rédie ; celle-ci n'est donc plus dans le cas de celles dont tout le contenu, se développant en même temps, occupe un espace de plus en plus considérable, et arrive forcément à distendre de plus en plus les parois de la Rédie, jusqu'à rupture de celle-ci. Dans la R. de la *C. coronata*, puisqu'il n'y a jamais qu'une seule Cercaire développée, il faut qu'à mesure qu'il y en a une de mûre, elle soit expulsée pour laisser la place à une suivante. De cette manière, le volume total de son contenu ne s'augmente pas, et la Rédie ne meurt pas.

Reste à savoir par où les Cercaires pourraient sortir de leur Rédie ; nous croyons que très-probablement la R. de la *C. coronata* possède vers sa collerette antérieure un orifice qui aura échappé à M. de Filippi comme il a échappé à beaucoup d'autres, l'attention des observateurs n'étant pas encore dirigée sur ce point de l'organisation des Rédies, dont on doit la découverte ou tout au moins la démonstration au travail récent de M. de la Vallette, qui a constaté l'existence d'un pareil orifice sur toutes les Rédies à processus latéraux [1] qu'il a rencontrées.

Il doit en être d'autant plus probablement de même pour la R. de *C. coronata*, que Filippi note plus loin que ses parois épaisses offrent une très-grande tenacité,

[1] La Vallette. L. C. — *Cerc. echinatoïdes.* (*Echinifera.* La Vall.) *Tab. I, f. B.* — *Cerc. echinata. Tab. I, f. H.* — *Cerc. spinifera.* (La Vall.) *Tab. I, f. XI.*

et résistent fortement aux efforts tentés pour les déchirer ; il faut donc bien que les Cercaires trouvent une autre issue.

Le même auteur conclut de ce qu'il n'a jamais rencontré dans les viscères des mollusques habités par la Red. de la *C. coronata*, ni Cercaires libres, ni jeunes Rédies, que les Rédies qui renferment les unes et les autres transportent elles-mêmes leur progéniture dans les conditions favorables à son développement ultérieur. Mais une Rédie ne peut sortir de son mollusque sans périr, privée qu'elle est de tous moyens de locomotion aquatique, et d'ailleurs incapable de supporter longtemps le contact de l'eau. Que M. de Filippi n'ait pas trouvé dans les mollusques des Cercaires libres, ce n'est pas étonnant, les Cercaires sorties de leur sporocyste se hâtant de se rendre dans l'eau, l'élément qui seul convient à leur organisation toute aquatique ; d'ailleurs sa première observation de la maturation d'une seule Cercaire à la fois dans une Rédie, suppose aussi l'expulsion d'une seule Cercaire à la fois, et par conséquent les Cercaires de cette espèce doivent être beaucoup plus difficiles à trouver que celles d'autres espèces qui sont expulsées par myriades. Quant aux jeunes Rédies que de Filippi n'a pas trouvées libres, elles doivent moins encore que les Cercaires, une fois développées, rester dans la Rédie-mère, où elles seraient complètement inutiles pour la multiplication ; de plus, si on peut admettre le transport des Cercaires dans un milieu nouveau par la Rédie-mère elle-même (ce qui en tous cas ne peut avoir lieu que d'une manière passive, par suite de l'ingestion du mollusque habité par un animal vertébré), ce transport ne peut être admis pour les jeunes Rédies, qui naissent déjà dans les conditions favorables à leur développement, et auxquelles tout changement de milieu ne pourrait qu'être fatal.

103.

Rédie de la *C. echinocerca*. (Fil.)

Espèce marine découverte par de Filippi. [1]

Rédie assez allongée, cylindriforme, atténuée en pointe à son extrémité posté-

[1] Deuxième Mém. L. C., p. 18, *tab. II*, *f. XX*.

rieure, et terminée par un bourrelet peu distinct. L'extrémité antérieure, ou cou, très-contractile, peut se retirer dans le corps de la Rédie[1]; mais lorsqu'elle fait saillie, elle se présente sous la forme d'un cylindre un peu plissé, terminé à son extrémité libre par un rebord saillant épais, qui entoure la bouche, et peut se dilater ou se contracter, et s'appliquer contre un corps lisse comme une ventouse. Au-dessous de la bouche on remarque un bulbe pharyngien, musculeux, ovoïde, suivi d'un œsophage court, terminé par un sac stomacal de peu d'étendue et ovoïde. La cavité du corps est remplie de gemmes et de Cercaires peu développées, qui paraissent devoir quitter de bonne heure leur sporocyste pour achever leur croissance dans les viscères mêmes du mollusque.

Cette Rédie a été trouvée dans le *Buccinum Linnaei.*[2] Payr. (Golfe de Gênes.)

104.

De l'ensemble des observations faites, il résulte que nous connaissons actuellement vingt-sept espèces de sporocystes simples (dont cinq nouvellement décrites par M. la Vallette), et onze espèces de Rédies, dont quatre nouvelles (Filippi et la Vallette).

Dans les sporocystes proprement dits, dix-neuf appartiennent au groupe des SPOROCYSTES SACCIFORMES (§ 65); trois à celui des SPOROC. TUBULIFORMES; les cinq derniers, ayant pour type le sporoc. de la *C. furcata*, méritent de former un troisième groupe, qu'on peut désigner sous le nom de SPOROCYSTES CYLINDRIFORMES et qui doit être placé entre les deux premiers. Jusqu'aux observations de M. de la Vallette, un seul de ces derniers sporoc. était connu, c'est celui de la *C. furcata*, qui, bien qu'assez allongé et cylindrique, ne paraissait pas différer considérablement de certains autres Sporoc. sacciformes, dont plusieurs affectent quelquefois une forme cylindrique assez prononcée. Mais les quatre nouvelles espèces décrites par M. de la Vallette provenant aussi de Sporocystes toujours formés sur le même type, et devenant par leur allongement des tubes tout-à-fait filiformes, il est évi-

[1] *(Tab. II, fig. XX a.)*

[2] Nom sous lequel Payraudeau (*Cat. des Moll. de Corse*), p. 161 (pl. 8, fig. 10, 11, 12), a décrit le *Buccinum corniculatum* de Lamarck, nom qui doit être préféré comme ayant la priorité.

dent que ces Sporocystes ne sont point semblables à ceux des premiers groupes, et se rapprochent par leur forme, aux ramifications près, de ceux du second. Ils forment donc la transition entre les deux, fait qui fixe la place que nous leur avons attribuée.

La distinction de ce groupe de Sporocystes *cylindriformes* est encore justifiée par la forme toute spéciale des Cercaires qu'ils produisent, lesquelles ont toutes, sans exception, l'extrémité libre de la queue plus ou moins profondément bifurquée : circonstance assez remarquable et qui paraît un acheminement vers les doubles queues des Cercaires produites dans les Sporoc. tubuliformes ramifiés, de sorte que tant les Sporocystes que les Cercaires établissent la transition entre les formes correspondantes du premier et du troisième groupe.

On peut aussi établir deux groupes dans le type plus parfait des Rédies. En effet : 1° les unes ont une forme extérieure assez remarquable, compliquée d'appendices latéraux postérieurs, d'une partie antérieure séparée du reste du corps par un bourrelet circulaire, au-dessous duquel, dans la plupart des espèces connues, se trouve un orifice spécial par lequel les Cercaires peuvent arriver au dehors ; 2° les autres sont simplement des corps ovoïdes cylindriques plus ou moins allongés. Toutes sont pourvues d'un pharynx et d'un sac stomacal.

La nature des produits fournit encore ici des faits à l'appui de cette distinction ; toutes les Rédies de la première catégorie produisent des Cercaires dont l'extrémité antérieure, entourée d'une couronne d'épines plus ou moins nombreuses, se développe, pendant leur période d'enkystement, en une large collerette, entourée d'épines, identique à celle qui caractérise les *Echinostomes*. Celles provenant de Rédies de la seconde catégorie sont toujours inermes, et présentent fréquemment des taches oculaires.

Nous établissons donc comme suit les différents chefs sous lesquels les Sporocystes actuellement connus peuvent se ranger.

SPOROCYSTES.	Sporocystes simples.	1. Sporocystes sacciformes. (*C. duplicata, armata, etc.*)
		2. Sporocystes cylindriformes (*C. furcata, gracilis, ocellata.*)
		3. Sporocystes tubuliformes (*C. polymorpha, exfoliata, etc.*)
	Sporocystes pourvus d'un sac stomacal ou Rédies.	4. Rédies processigères. (*C. echinata, echinatoïdes, etc.*)
		5. Rédies simples. (*C. neglecta, ephemera, echinocerca, etc.*)

105.

La *Reproduction des Rédies* par gemmation interne reçoit une nouvelle confirmation des belles observations de M. Filippi sur la Rédie de la *C. coronata*, que nous avons fait connaître avec assez de détails (§ 102) pour n'avoir pas à y revenir ici. Il en est de même de leur origine.

La découverte de M. de la Vallette, chez les Rédies principalement, d'un orifice sous-céphalique spécialement affecté à l'expulsion des Cercaires développées, est importante en ce qu'elle rend compte de la vitalité généralement plus prolongée de ces Rédies, qui peuvent, pendant quelque temps du moins, se débarrasser au fur et à mesure du trop plein, mais qui cependant finissent tôt ou tard par s'atrophier sous l'influence de la distension opérée, par la croissance rapide de leur contenu, sur les parois de leur corps, qui s'amincissent, perdent leur contractilité, et peuvent se déchirer alors facilement lorsqu'elles sont comprimées, comme cela doit leur arriver souvent pendant les contractions brusques du mollusque qu'elles habitent.

106.

« M. de Filippi[1] admet que très-probablement chaque espèce de Trématode » n'habite à l'état de larve, qu'une espèce déterminée de mollusque, ou deux » espèces très-analogues. » Cette assertion mérite d'être discutée, car les faits déjà nombreux recueillis sur ce sujet, ne nous paraissent pas justifier cette manière de voir.

En dressant un tableau des mollusques dans lesquels on a trouvé des Sporocystes ou des Cercaires, il est facile de se convaincre que plusieurs espèces de mollusques ont fourni aux observateurs, dans différentes localités, un assez grand nombre de ces parasites d'espèces différentes. Cela est surtout vrai pour le *Lymnæus stagnalis*[2], qui a fourni jusqu'à présent huit espèces appartenant à plusieurs

[1] Deuxième mém., etc., p. 22.

[2] *C. armata*, — *brunnea* (Dies.); — *furcata*; — *fissicauda*; — *ocellata*; — *cristata*; — *echinata*; — *coronata*.

types différents. — La *Paludina vivipara* [1] en a fourni six. — La *P. impura* [2], quatre. — Le *Planorbis corneus* [3], huit.

Nous n'avons rappelé ici que les mollusques chez lesquels on a rencontré plus de deux espèces de Sporocystes, et il n'est pas sans intérêt de remarquer que ce sont précisément les plus répandus dans les eaux douces de l'Europe. Ceci semble indiquer que les Sporocystes ne recherchent nullement certaines espèces plutôt que d'autres, mais vivent et se développent dans celles que leur offrent les eaux dans lesquelles ils arrivent à l'état embryonnaire, pourvu toutefois qu'ils y trouvent les conditions nécessaires à leur croissance; ce qui explique pourquoi, dans une localité, telle espèce se trouve dans tel mollusque, tandis qu'ailleurs elle en habite toujours un autre, et cela quelquefois dans des localités peu éloignées.

La liste que nous venons de donner montre encore que les espèces les plus dissemblables et appartenant aux divers types que nous avons indiqués (§ 105) peuvent vivre dans le même milieu, puisque nous trouvons que dans le *Lymn. stagnalis*, par exemple, on a observé tantôt les *Sporoc. sacciformes* des *Cerc. armata* et *brunnea*, tantôt les *Sporoc. cylindriformes* des *Cerc. furcata, fissicauda, ocellata* et *cristata;* tantôt les *Rédies* des *C. coronata* et *echinata*.

107.

Si on dresse le tableau inverse, c'est-à-dire des espèces de Sporocystes en regard des mollusques dans lesquels on les a rencontrées, on voit que la *C. armata* a été trouvée dans les *Lymnæi stagnalis* et *palustris;* dans la *Paludina impura* et le *Planorbis corneus;* — la *Cerc. furcata* dans le premier et les deux derniers de ces mollusques; — et la *C. echinata* dans les *Lymnæus stagnalis;* — *Paludinæ vivipara* et *impura;* — et *Planorbis corneus*.

Nous pouvons faire ici la même observation que tout à l'heure nous avons faite à propos des mollusques, car ces trois espèces de Cercaires sont de toutes les plus

[1] *C. microcotyla;* — *vesiculosa;* — *furcata;* — *echinata;* — *echinatoïdes;* — *ephemera*.

[2] *C. virgula;* — *armata;* — *Palud. impuræ;* — *echinata;* — et une *Cerc. à queue fourchue* indéterminée. (Baer.)

[3] *C. armata;* — *ornata;* — *furcata;* — *gracilis;* — *Planorbis cornei;* — *echinata;* — *spinifera;* — *ephemera*.

communes ; c'est pour cette raison qu'elles sont connues depuis longtemps, ont été les premières décrites et observées, et depuis revues par presque tous les observateurs subséquents, ainsi que leurs Sporocystes. Leur grande dissémination dans toutes les eaux douces n'est donc possible qu'à la condition qu'elles puissent vivre dans les mollusques différents les plus répandus et les plus abondants, parce que ce sont ceux qu'elles ont le plus de chance de rencontrer sur leur chemin. Il n'est donc pas exact de dire, d'une manière absolue, que chaque forme larvaire spécifique doive être spéciale à une espèce ou au plus deux espèces très-voisines de mollusques. C'est généralement vrai pour une même localité; mais dans des localités très-éloignées, une espèce de larve peut habiter des mollusques très-différents.

108.

Nous avons déjà signalé le fait que les Acéphales d'eau douce et marins hébergent seuls le type tout particulier des Sporocystes tubuliformes ramifiés, dont les Cercaires (Bucéphales) sont remarquables par le volume et la duplicité de leur appendice caudal. On a rencontré, en outre, dans ces mêmes mollusques, deux formes de Sporocystes appartenant au premier type : ce sont ceux des *Cerc. duplicata* (Baer) et *macrocerca* (Fil.), tous deux remarquables en ce que leurs Cercaires ont des queues, qui tant par leurs dimensions que par leur forme, ne ressemblent aucunement à celles des autres Cercaires. Ainsi, la *C. duplicata* a une queue renflée en massue (Tab. V bis, fig. 9, A, B, C, *l*), presque aussi volumineuse que le corps de la larve, et celle de la *C. macrocerca* (Tab. VI, fig. 1, 2, *l'*) est d'une longueur démesurée, et présente des particularités assez singulières dans sa structure. On peut donc dire que les espèces vivant dans les Acéphales, sont remarquables par la structure souvent assez compliquée et les dimensions de leur appendice caudal.

109.

Quant à la distribution géographique générale des Cercaires et de leurs Sporocystes, les observations n'ont pas encore été suffisamment dirigées sur ce point, et ne se sont pas géographiquement assez étendues pour qu'on puisse établir quelque chose de positif à ce sujet. Jusqu'à présent, la plupart des espèces connues ont été

décrites principalement par les auteurs allemands, et trouvées par eux dans des localités très-éloignées et très-différentes les unes des autres. M. Dujardin en signale quelques-unes dans les environs de Rennes. M. de Filippi, le seul observateur qui se soit encore occupé de ce sujet dans le midi de l'Europe, nous a signalé des formes qui paraissent, jusqu'à présent, être un peu différentes de celles observées dans le Nord. Cependant, M. Wagener (à Berlin), dans sa lettre à M. de Filippi[1], annonce les avoir presque toutes vues. Au contraire, M. de Filippi (Turin) n'a presque pas rencontré les espèces communes dans le Nord ; il en cite cependant quelques-unes, telles que le *Dist. duplicatum* qu'il a vu dans l'*Anodonta cygnea*, la *C. furcata*, la *C. ornata*, etc.

Il résulte donc de tout ceci que les larves de Trématodes, parasites des mollusques, paraissent plutôt avoir une circonscription géographique très-étendue, et comprenant la plus grande partie de l'Europe. En effet, si nous nous reportons à la distribution géographique qu'ils ont à l'état adulte, forme sous laquelle ils habitent les mammifères, classe qui compte une quantité d'espèces européennes, les oiseaux, qui passent d'un pays à l'autre et sont encore plus disséminés que les mammifères, enfin les reptiles et les poissons d'eau douce, dont la plupart ont aussi une distribution européenne, il n'est pas étonnant de trouver une distribution analogue chez les larves des parasites que renferment, dans tous les pays, les animaux de ces différentes classes, et dont, par conséquent, ils répandent les œufs partout où ils se trouvent.

[1] Deuxième mém. L. C., p. 24.

CHAPITRE QUATRIÈME.

Forme Larvaire.

CERCAIRES. (Tab. V bis, VI et VII.)

Vibrio (O. F. Müll.). — *Histrionella* (Bory). — *Malleolus* (Ehr). — *Bucephalus* (Baer). — *Distoma*. — *Heterostomum* (Fil.). — *Diplocotyle; Cheilostomum; Rhopalocerca* (Dies). — *Diplodiscus* (Fil.).

110.

Les formes appartenant à la troisième phase de la série du développement des Distomides, au contraire de celles que nous avons successivement passées en revue, présentent de grands rapports de forme et d'organisation avec les formes adultes.

Les Cercaires sont en effet de jeunes Trématodes, et ne diffèrent de l'état adulte que par une taille moindre, l'absence d'organes générateurs, et quelquefois par l'existence d'organes transitoires en rapport avec le milieu spécial dans lequel elles sont appelées à vivre, milieu toujours très-différent de celui de l'adulte. Elles sont donc, comme nous l'avons déjà dit, de vraies *larves* dans toute l'étendue du terme; car chacune d'elles, après une série de métamorphoses qui lui feront successivement et graduellement acquérir de plus en plus les caractères de l'adulte, transportée enfin dans le milieu convenable, atteindra cet état, et deviendra un Distomide complet.

Les Cercaires sont, de toutes les formes du développement des Trématodes, la plus anciennement connue. Plusieurs d'entre elles, vivant déjà libres dans les eaux douces, se rencontrèrent sur le champ du microscope des premiers observateurs parmi une foule d'autres animaux. Les instruments très-imparfaits alors en usage ne permettant pas de constater les particularités de leur organisation, leur forme extérieure les fit rapprocher de certains organismes microscopiques ayant comme elles un corps raccourci et une queue, soit la forme d'un têtard.

Le genre Cercaria établi sur ce caractère (*cercos*, queue), se trouvait donc d'abord renfermer des êtres très-dissemblables par leurs dimensions et leur organisation, et subit par la suite une quantité de remaniements et de démembrements, dans le détail desquels il est inutile d'entrer ici. Nitsch, qui, le premier, fit de ce genre une étude très-soignée, en élimina tous les vrais infusoires et n'y laissa que ces formes plus grandes et mieux organisées que nous savons maintenant être des larves de Distomides, mais qui pour lui étaient encore des êtres distincts, des Infusoires. Après les travaux subséquents de Bojanus, qui découvrirent l'origine des Cercaires et leurs relations singulières avec des organismes vermiformes vivants; après ceux de Bær, qui vinrent confirmer les découvertes de Bojanus, tout en les étendant considérablement ; enfin, après des recherches faites avec soin par Wagner sur quelques espèces de Cercaires aquatiques, l'organisation de celles-ci commença à être bien connue, et l'attention des observateurs à être attirée vers l'analogie très-grande qui existait entre les corps des Cercaires et celui des Distomides adultes. Ce ne fut cependant que beaucoup plus tard, en 1842, que Steenstrup ayant pu suivre tout le développement de quelques espèces de Cercaires et une partie de leurs métamorphoses aussi loin qu'elles peuvent aller tant qu'elles demeurent dans les mollusques, observa, non pas leur transformation complète, mais au moins un acheminement incontestable vers les formes des Distomides, en ce que, dès les premiers pas de la métamorphose, la Cercaire était déjà transformée en un jeune Distome asexuel et très-petit, mais parfaitement conformé. Dès-lors, la signification des Cercaires comme formes transitoires fut définitivement et incontestablement constatée.

111.

Les Cercaires étant des formes larvaires, états transitoires du développement d'autres animaux, le terme générique *Cercaria*, sous lequel elles avaient primitivement occupé une place dans l'ordre des Infusoires, perd toute signification zoologique, puisque les êtres qu'il sert à désigner, étant des formes transitoires, ne peuvent rentrer dans aucune division du règne animal.

Nous le conserverons cependant, ainsi que presque tous les auteurs modernes l'ont fait, pour désigner d'une manière à la fois commode et abrégée les larves des Distomides, comme nous avons désigné leurs nourrices sous le nom de Sporocystes, etc.

Le terme Cercaire est donc actuellement l'expression d'une phase particulière du développement, et doit demeurer indépendant des variations que les différents organismes qui s'y rapportent peuvent affecter suivant les espèces; ce n'est point un genre établi sur certains caractères d'organisation dont les variations doivent être distinguées par des noms nouveaux, c'est un état transitoire caractérisé par certains rapports spéciaux avec l'état qui le précède et celui qui le suit, rapports qui, seuls, déterminent sa vraie signification. Toute forme, quelle qu'elle soit, produite dans un Sporocyste, sera toujours une larve de Trématode, que nous appellerons toujours une Cercaire (tout comme toute forme qui sort de l'œuf d'un Lepidoptère s'appelle invariablement une chenille), quelles que soient les variations de forme, de structure ou d'organisation qu'elle peut présenter.

Dans un ouvrage publié tout récemment, en 1850 (à une époque où la plupart des faits résumés dans ce travail étaient déjà connus), le *Systema helminthum* de Diesing, l'auteur, reculant d'un siècle et méconnaissant toutes les observations antérieures, persiste à regarder les Cercaires comme des êtres parfaits, et y introduit divisions sur divisions, se basant sur les caractères les plus fugitifs et les plus impossibles. C'est pour les besoins de cette conception qu'à la place du nom unique de Cercaria, appelé, moyennant une légère modification dans sa terminaison, aux plus hautes fonctions de nom de famille ou de tribu, ont apparu les noms de *Cheilostomum; — Rhopalocerca; — Diplocotyle; — Malleo-*

lus ; — *Histrionella ;* ces deux derniers plus anciens : le premier d'Ehrenberg, le second de Bory, qui avait adopté ce nom d'Histrionella pour désigner les Cercaires de Nitsch, c'est-à-dire précisément les larves de Distomides, sont maintenus par Diesing, ainsi que le genre *Bucephalus* de Bær. Il est inutile d'insister davantage sur ce sujet ; il est évident qu'un travail fait avec une telle légèreté et tellement au mépris des découvertes et des recherches persévérantes d'auteurs antérieurs, ne peut être d'aucune utilité, puisque les descriptions mêmes des espèces ne sont que des diagnoses incomplètes, et au moyen desquelles il est impossible de distinguer une espèce d'une autre. Quant à cette nomenclature, nous la laisserons où elle est, et nous continuerons à désigner sous le nom très-simple de Cercaire tout produit d'un Sporocyste ou d'une Rédie, quels que soient les caractères particuliers qu'il puisse présenter dans son organisation, car c'est sa présence dans un Sporocyste qui détermine seule sa signification larvaire d'une manière incontestable, et nullement tel ou tel détail de structure.

112.

On peut reconnaître dans toute Cercaire, un corps qui est une ébauche de la forme adulte de l'espèce, et présente déjà, plus ou moins développés, la plupart des organes qui s'observent chez les adultes, et quelques appareils spéciaux en rapport avec les conditions particulières de milieu, dans lesquelles les Cercaires sont appelées à vivre passagèrement, et qui sont par conséquent transitoires.

La plupart des espèces de Cercaires qui sont destinées à vivre temporairement dans l'eau, sont pourvues d'un appendice en forme de queue, implanté à la partie postérieure de leur corps, et qui est leur principal moyen de locomotion pendant leur vie larvaire proprement dite. Cette queue, qui manque le plus souvent ou n'est que rudimentaire dans les espèces qui habitent des mollusques terrestres, et qui, pour cette raison, ressemblent toujours plus que les autres à la forme adulte, est caduque, et sa chute est, comme nous le verrons, le premier stage de la métamorphose de la larve.

Corps d'une forme allongée, ordinairement ovoïde, très-variable par suite de ses contractions ; toujours très-petit, formé d'un tissu presque homogène, quelque-

fois granuleux ; d'autres fois paraissant constitué par des cellules nuclées *(cellules kystogènes.* Fil.) ; jaunâtre, quelquefois parsemé de taches colorées, dues à la présence d'organes internes, divers suivant les espèces.

D'une nature très-délicate, la moindre altération dans leur milieu tue les Cercaires ; leur corps se distend, perd tous ses caractères extérieurs, et se décompose promptement.

113.

Appareils de la vie de Relation.

On peut en distinguer deux catégories : les uns sont spéciaux aux Cercaires et en rapport avec le milieu tout particulier qu'elles habitent ; par conséquent, leur durée, subordonnée à celle de l'état larvaire, est temporaire ; les autres appartiennent aussi à l'adulte, et sont généralement d'autant moins développés que les Cercaires sont plus éloignées du moment de la métamorphose, souvent tout-à-fait rudimentaires pendant la vie larvaire proprement dite.

Appareils des sens. Le sens du tact paraît très-développé chez les Cercaires ; mais, pas plus que dans les Trématodes adultes, il n'est localisé dans des organes spéciaux. Tout leur tissu est également contractile et sensible.

Dans quelques espèces aquatiques, on a constaté des amas de pigment coloré qu'on a généralement regardé comme des yeux. Nous avons déjà fait observer que des amas de pigment ne suffisent point à eux seuls pour constituer des yeux, et peuvent tout au plus être envisagés comme des rudiments d'organes visuels, qui, à ce qu'il paraît, sont bien développés dans d'autres espèces. M. Filippi [1] vient de constater que c'est le cas pour les Cercaires de l'*Amphistoma subclavatum.* Cette espèce présente en effet deux taches noires antérieures, dans lesquelles M. Filippi a trouvé une lentille conique enfouie dans une couche pigmentaire. Ce sont donc bien de véritables yeux, dont le développement est tout-à-fait en rapport avec l'organisation très-parfaite de cette Cercaire et avec son genre de vie aquatique et libre.

[1] Lettre à M. Edwards. L. C., p. 113, et deuxième Mém. pour servir, etc., p. 14.

Ces organes visuels sont transitoires; ils se détruisent et disparaissent, lorsque la larve s'est métamorphosée en Amphistome.

114.

Beaucoup de Cercaires sont pourvues d'un organe particulier au moyen duquel elles peuvent se frayer un chemin dans les tissus organisés, et chercher souvent, à de grandes profondeurs, un endroit favorable à leur métamorphose. Cet appareil perforant consiste en un spicule de nature cornée, très-dur, très-pointu à son extrémité libre, et généralement situé derrière l'orifice buccal dans l'épaisseur même de la ventouse antérieure. Ce spicule peut, quand la Cercaire veut s'en servir, faire saillie en avant de l'extrémité du corps et, sous l'influence des efforts de l'animal, pénétrer dans des tissus même très-résistants, en y pratiquant une ouverture dans laquelle la Cercaire finit par s'engager elle-même tout entière.

Cette migration des Cercaires dans les tissus est de courte durée, et cesse aussitôt qu'elles ont trouvé un endroit convenable pour leur enkystement, comme nous le verrons plus tard. Alors leur spicule, devenu inutile, tombe pendant cette opération; on ne trouve en effet de spicule chez aucun Distomide adulte.

Jusqu'à présent, toutes les Cercaires chez lesquelles on a constaté l'existence d'un spicule, proviennent de Sporocystes simples.

On rencontre chez quelques Cercaires un autre appareil corné affectant une disposition fort différente, celle d'une couronne de petites épines disposées régulièrement autour de la ventouse buccale. Il est à remarquer que les espèces qui possèdent cette couronne d'épines, se métamorphosent en jeunes Distomes armés d'une double couronne de piquants placés autour d'une expansion en collerette de l'extrémité antérieure du corps, et qui, pour cette raison, font probablement partie du sous-genre Echinostome caractérisé, comme nous l'avons vu (§ 6), par une semblable disposition de piquants. Ces Cercaires, ainsi armées d'une couronne d'épines, ne la perdent point pendant leur enkystement; on n'a pas encore pu déterminer quelles sont les relations qui peuvent exister entre les petites épines entourant la ventouse de la Cercaire, et celles plus grosses qui bordent la collerette du jeune Echinostome.

115.

Dans quelques espèces, on observe un appareil glandulaire assez remarquable dont les usages sont encore peu connus, mais qui paraît plutôt se rattacher à l'existence du spicule perforant qu'à tout autre appareil existant, et que, pour cette raison, nous mentionnons ici. Cet appareil glandulaire, qu'on a comparé à un appareil salivaire, consiste en deux ou plusieurs corps globuleux, situés autour de la ventouse médiane, où ils forment des amas très-apparents, et envoient chacun un petit canal qui va s'ouvrir dans la ventouse buccale dans le voisinage du spicule (Tab. V *bis*, fig. 11, 15, *f*, *f'*, *c*, et Tab. VI, fig. 2, *f*, *f'*, *c)*. Cet appareil étant souvent entièrement développé, ainsi que le spicule, chez des Cercaires qui ne présentent encore aucune trace d'appareil digestif, tout porte à croire qu'il doit être regardé comme une dépendance de l'appareil perforant plutôt que de l'intestin, d'autant plus que celui-ci ne joue qu'un faible rôle chez les Cercaires, qui, dans aucun cas, ne possèdent d'appareil masticateur, le seul qui pût justifier un appareil de ce genre. De plus, l'existence de cet appareil glandulaire, regardé comme un appareil salivaire, n'a pas jusqu'à présent été démontrée chez les adultes. On trouve encore, dans quelques espèces, un organe composé de deux tubes fermés, très-courts, placés des deux côtés de l'orifice buccal, et qui paraissent plus en rapport que les précédents avec l'appareil digestif, car on les rencontre chez des Cercaires inermes, et dans les formes adultes qui en proviennent, où ils sont même plus développés que dans la larve. Leur usage est inconnu.

116.

Appareils locomoteurs. — On peut reconnaître chez les Cercaires deux appareils locomoteurs ; l'un transitoire (queue), approprié au milieu spécial aquatique dans lequel beaucoup d'entre elles vivent ; l'autre définitif (ventouses), qui se continue dans la forme adulte et se présente avec les mêmes dispositions et la même organisation.

Ces deux appareils sont développés en raison inverse l'un de l'autre. Les Cercaires aquatiques qui ont, pour cette raison, un appareil locomoteur nata-

toire en forme de queue, très-développé, ont généralement des ventouses rudimentaires ou dont le développement est plus tardif; tandis que celles qui ne sont pas destinées à vivre dans un milieu liquide, et chez lesquelles l'appareil natatoire est nul ou seulement rudimentaire, les ventouses se développent de bonne heure et présentent une structure aussi parfaite que chez l'adulte. L'ordre d'apparition de ces deux genres d'appareils est dans chacun des deux groupes de Cercaires, tout-à-fait en rapport avec leur degré d'utilité, c'est-à-dire que dans les Cercaires aquatiques, la queue apparaît la première et constitue la première modification appréciable dans la forme du gemme primitif; tandis que les ventouses n'apparaissent que beaucoup plus tard, et alors que la Cercaire a déjà sa forme. Au contraire, dans les autres Cercaires, on aperçoit déjà dans le gemme sphérique primitif, les rudiments de la ventouse médiane, qui est toujours, quand elle existe, la plus développée, et un peu plus tard, ceux de la ventouse antérieure.

Les ventouses se présentent, quant à leur disposition, leur nombre et leur structure, dans la Cercaire, exactement comme dans l'adulte (§ 6). Les Cercaires qui, par leur métamorphose, deviendront des Distomes, sont pourvues de deux ventouses, l'une buccale antérieure, l'autre ventrale médiane; dans les Cercaires de Monostomes, la ventouse ventrale manque; dans celles d'Amphistomes, c'est la buccale qui manque, mais on trouve déjà bien accusée la ventouse terminale postérieure qui caractérise les Amphistomes adultes.

117.

Appareil locomoteur transitoire. — Cet appareil, qui n'existe bien développé que chez les Cercaires appelées à vivre dans un milieu liquide, consiste en un appendice de longueur variable suivant les espèces, et que sa position et sa forme ont fait désigner sous le nom de queue. Cette queue a la forme d'une bandelette étroite, un peu aplatie, plus large vers son insertion, de là s'amincissant graduellement et terminée en pointe. Elle présente ordinairement dans sa partie centrale un axe strié longitudinalement et d'apparence musculaire. Cet axe est entouré d'une couche plus épaisse, également musculaire et très-contractile, qui produit les con-

tractions transverses. Enfin, cette couche est recouverte d'une autre couche épidermique extérieure, transparente, quelquefois plus ou moins élargie et formant des expansions membraneuses, dépourvue de toute contractilité, et se plissant sous l'influence des contractions des couches sous-jacentes. La queue est implantée à l'extrémité postérieure dans une échancrure du corps de la Cercaire, et paraît ordinairement insérée dans l'orifice même de la cavité excrétoire, de façon à la fermer complètement, et à empêcher l'éjection de ses produits.

Ce fait, assez remarquable d'ailleurs, s'explique, puisque les Cercaires ayant le tube digestif encore rudimentaire, et même quand il est formé, nullement appelé à fonctionner pendant leur vie larvaire, il est clair que leur appareil excrétoire, comme contre-partie de l'appareil digestif, n'a pas non plus à fonctionner d'une manière active.

La conformation ordinaire de la queue des Cercaires, telle que nous l'avons indiquée, est du reste sujette, suivant les espèces, à des variations considérables qu'on ne peut indiquer d'une manière générale, et qui seront précisées dans la description particulière de chacune d'elles. Dans quelques Cercaires habitant des mollusques terrestres (Limaces), nous aurons à signaler une queue très-petite, que ses dimensions et sa structure rudimentaires rendent tout-à-fait inutile comme organe locomoteur. D'autres (Bucéphales) possèdent un appendice postérieur beaucoup plus compliqué et sur lequel s'insèrent deux longues queues filiformes; d'autres ont une queue bifurquée à son extrémité libre, ou renflée en massue, etc.

L'appendice caudal des Cercaires est toujours transitoire, et tombe lorsque ces animaux sont arrivés au terme de leur vie larvaire et commencent leur métamorphose.

La chute de la queue peut cependant, pour certaines espèces, précéder ce moment, et paraît avoir lieu d'une manière fortuite, sans être accompagnée d'aucune modification correspondante dans la larve elle-même. C'est le cas pour certaines larves, d'ailleurs très-singulières, habitant les Acéphales *(Bucéphales, Dist. duplicatum)*, qui, au bout de quelque temps, perdent leur queue et continuent à

vivre comme précédemment dans le mollusque, sans subir aucune autre transformation.

118.

Sous le point de vue de la locomotion, nous devons distinguer deux catégories de Cercaires. Les unes, aquatiques, ont une locomotion très-étendue et très-active, pourvues qu'elles sont d'une longue queue très-contractile, et par l'agitation de laquelle elles progressent très-rapidement dans l'eau. Les flexions brusques et alternatives d'un côté et de l'autre de leur queue, qui prend dans cette position la forme d'une S, se succèdent avec une telle rapidité, que l'œil ne peut les suivre et isoler deux battements consécutifs, de sorte que la Cercaire paraît traîner à sa suite une S permanente. Ce mode de locomotion n'exclut point chez les Cercaires aquatiques la reptation au moyen des ventouses, quand elles se trouvent sur un plan solide. Les Cercaires dépourvues de queue, et qui sont par conséquent incapables de progresser dans un milieu liquide, ne peuvent, au contraire, se mouvoir qu'au moyen de leurs ventouses ; leur locomotilité est du reste très-bornée par la nature même du milieu qu'elles habitent, et qu'elles ne sont à aucune période de leur vie larvaire, en état de quitter par elles-mêmes.

119.

Appareil digestif.

Conformé identiquement comme dans les Distomides adultes, c'est-à-dire consistant en une bouche placée au fond de la ventouse antérieure, suivie d'un pharynx ou renflement musculeux, souvent très-developpé, traversé par un œsophage plus ou moins long, suivant les espèces, qui se bifurque en deux branches latérales descendantes, et se terminant en cœcums plus ou moins près de l'extrémité postérieure du corps. Le point de bifurcation varie de position suivant les espèces : tantôt il est immédiatement après le pharynx, tantôt plus éloigné, il se trouve placé au devant de la ventouse ventrale.

Comme dans les adultes, l'intestin paraît creusé dans l'épaisseur du parenchyme, et peut disparaître complètement sous l'influence des contractions de ce dernier.

L'appareil digestif ne se développe qu'assez tard chez les Cercaires, qui très-fréquemment à l'époque où on les observe n'en présentent presque pas de traces, si ce n'est quelquefois le pharynx, qui s'aperçoit de bonne heure; généralement, c'est pendant la période d'enkystement que le canal intestinal se développe, ainsi que la plupart des autres organes définitifs, et atteint toute sa perfection. Ce n'est en effet que lorsque les Cercaires sont arrivées dans le milieu favorable à leur transformation complète, qui est celui dans lequel elles vivront désormais comme adultes, que leur appareil digestif peut leur être nécessaire ; à l'état libre ou enfermées dans les Sporocystes, ses fonctions sont presque nulles.

120.

Appareil excréteur.

Comme le précédent, cet appareil présente les mêmes dispositions chez les Cercaires que chez les Trématodes adultes, et consiste en une cavité plus ou moins vaste, tantôt simple, tantôt bifurquée en deux branches qui remontent jusque dans la partie antérieure du corps, et s'ouvrant à l'extrémité postérieure de celui-ci par un orifice qui, comme nous l'avons déjà vu, est constamment bouché par la naissance de la queue. L'appareil excréteur ne peut donc, chez les Cercaires munies d'une queue, entrer en fonction qu'après que la chute de celle-ci, dégageant l'ouverture excrétoire, permette la sortie de son contenu, qui consiste, comme dans les adultes, tantôt en corpuscules calcaires réfringents à couches concentriques (Tab. VII, fig. 10), tantôt en granulations foncées.

Au contraire de l'appareil digestif, dont l'apparition est tardive, la cavité excrétoire se forme toujours de très-bonne heure chez les Cercaires, et frappe l'œil comme une grande tache transparente dans la partie postérieure du corps. Très-contractile, ses parois peuvent se rapprocher complètement, au point de la faire disparaître, comme l'intestin, lorsque son contenu n'indique pas son trajet.

Dans quelques Cercaires, on remarque quelquefois déjà des canaux vibratils qui s'étendent jusque dans l'extrémité antérieure du corps, et qui sont par leur autre extrémité en rapport avec la cavité excrétoire, comme nous l'avons déjà

dit en parlant des Trématodes adultes (§ 14). Ces canaux sont surtout très-visibles dans les Cercaires à couronnes d'épines, pendant qu'elles sont encore dans leur kyste.

121.

Quant aux appareils générateurs, les Cercaires en sont totalement dépourvues, n'étant que des états larvaires; on en trouve tout au plus quelques traces dans les espèces qui, comme les larves du Leucochloridium, atteignent un degré de développement relativement assez avancé dans leur Sporocyste.

122.

Les Cercaires naissent, comme nous l'avons vu en parlant des Sporocystes, de gemmes plus ou moins arrondis qui se forment dans l'intérieur de ces derniers lorsqu'ils ont atteint leur développement normal. Le contenu, d'abord liquide et granuleux des Sporocystes, se condense en une masse unique qui se segmente en un certain nombre de fragments distincts, de forme sphérique ou ovoïde, et de structure cellulaire.

Ces gemmes sont dans l'origine dépourvus de toute enveloppe, mais peu à peu leur périphérie se condense, et bientôt l'apparition d'un trait fin mais net, qui circonscrit la masse entière, indique la formation d'une membrane qui devient de plus en plus manifeste.

Les gemmes, ainsi constitués, s'allongent graduellement, et on distingue bientôt, à une de leurs extrémités, un petit mamelon qui, se prolongeant toujours davantage, devient un appendice, d'abord en continuité de tissu avec le reste du gemme, s'en distingue plus tard par un trait transversal, et devient finalement l'appendice caudal particulier aux Cercaires aquatiques.

Pendant ce temps, le reste du gemme a continué à s'éloigner de sa forme sphérique première, en s'approchant de plus en plus de la forme ovoïdo-cylindrique qui caractérise les Cercaires; son enveloppe extérieure, qui devra former la peau de la Cercaire, est devenue plus nette, le tissu de son corps plus homogène, et renferme déjà des traces de plusieurs organes, tels que le spicule, l'organe glandulaire qui paraît lui être annexé (quand il existe), et dont les ca-

naux déférents se formeront plus tard; la ventouse ventrale, puis la buccale avec le pharynx, l'appareil excréteur et l'appareil digestif. Ainsi ébauchée, la Cercaire commence à manifester des mouvements de contraction de son corps et de sa queue, qui deviennent toujours plus apparents et plus vifs, à mesure qu'elle s'approche du terme de son développement complet. Lorsque celui-ci est atteint, les Cercaires s'agitent avec vivacité dans la cavité du Sporocyste, où elles se trouvent entassées et comprimées les unes contre les autres. Bientôt les parois du Sporocyste, fort amincies par ce fait et devenues très-fragiles, finissent par se déchirer, soit par suite des efforts répétés des Cercaires qui y sont enfermées, soit par tout autre cause, et les Cercaires en sortent, arrivent au dehors en suivant les ouvertures naturelles des mollusques, et se répandent par myriades dans l'eau, formant autour de ceux-ci, qu'elles viennent de quitter, un nuage blanchâtre très-apparent. Une fois libres, les Cercaires aquatiques se mettent à nager au moyen de leur longue queue, qu'elles agitent avec une rapidité extrême, et ne tardent pas à se disperser et à peupler les pièces d'eau stagnante qu'habitent les mollusques les plus ordinairement infestés de ces parasites. C'est pour cette raison que les Cercaires ont pu être remarquées par les premiers observateurs au microscope, qui les rencontraient sur le champ de leur instrument parmi la foule des autres animalcules qui pullulent dans les eaux tranquilles.

C'est principalement dans les mois chauds de l'été (Juillet et Août) que les essaims de Cercaires sortent et se répandent dans les eaux, où elles ne paraissent pas subir de modifications dans leur taille, ni dans leur organisation.

La durée de leur période de liberté est d'ailleurs assez courte, car presque aussitôt les Cercaires sorties de leurs Sporocystes, elles cherchent des conditions favorables à leur métamorphose, c'est-à-dire un milieu dans lequel elles puissent s'enkyster, et attendre dans cet état le moment où, d'une manière quelconque, elles se trouveront transportées dans l'intestin d'un animal vertébré, seul milieu où leur transformation puisse s'achever complètement. Quelques-unes, au sortir de leur nourrice, restent dans le voisinage du mollusque dans lequel elles sont nées, tantôt nageant dans l'eau ambiante, tantôt rampant au moyen de leurs ventouses sur la surface extérieure du mollusque, dans lequel elles finissent par pénétrer, après avoir perforé sa peau au moyen des armes dont elles sont

pourvues. Dans le cours de cette opération, pendant les efforts violents que font les Cercaires pour s'introduire de force dans la peau, leur queue, devenue inutile, puisqu'elles quittent, pour n'y plus revenir, le milieu liquide dans lequel elles ont passagèrement vécu, tombe, et le corps seul de la Cercaire pénètre dans l'intérieur des tissus du mollusque. Arrivé là, on le voit se contracter en boule et sécréter immédiatement autour de lui une abondante mucosité; pendant ce temps, le corps globuleux de la Cercaire se met à tourner sur lui-même en tous sens, de manière à se façonner à l'intérieur de la mucosité une cavité parfaitement sphérique, dans laquelle il demeure ensuite immobile, et autour de laquelle la mucosité se coagulant, finit par former une enveloppe ou coque souvent très-résistante et formée de couches concentriques.

Les espèces qui sont armées d'un spicule, le perdent pendant la formation de leur kyste, dans les parois duquel il reste pris, et où on le retrouve encore quelquefois très-longtemps après.

D'autres espèces vont chercher plus loin un milieu pour s'enkyster, recherchant dans ce but principalement les larves d'insectes aquatiques si abondantes dans les eaux douces, dan slesquelles elles s'introduisent par un mécanisme semblable à celui que nous venons de décrire. Les Cercaires rampent à la surface de la larve, et paraissent tâter avec leur extrémité antérieure les anneaux toujours assez durs de ces animaux, jusqu'à ce qu'elles arrivent à la jointure de deux anneaux consécutifs, qui, comme on le sait, est d'un tissu toujours plus mou et moins résistant que celui des anneaux; la Cercaire se met alors à l'œuvre, et par des chocs répétés de sa partie antérieure armée du spicule, elle finit par pratiquer une petite ouverture, dans laquelle elle engage d'abord son extrémité antérieure, puis successivement son corps tout entier. Aussitôt que le corps de la Cercaire a franchi la passe, les lèvres de la blessure, qui étaient maintenues écartées par la présence d'un corps plus large, se referment derrière lui, et la queue de la Cercaire se trouve prise à sa base, au moment où elle commençait à s'engager dans l'ouverture; la Cercaire continuant à s'avancer et à se frayer un chemin dans les tissus de la larve, se sépare de sa queue qui, comme nous l'avons déjà dit, est d'ailleurs très-faiblement implantée dans l'orifice de la cavité excrétoire, et reste ainsi retenue dans la blessure et flottant librement

dans l'eau par son extrémité postérieure. Le corps de la Cercaire, arrivé dans l'intérieur de la larve, se contracte en boule et se sécrète une coque, comme nous l'avons vu ci-dessus, dans les parois de laquelle reste pris le spicule devenu inutile.

L'enkystement des Cercaires dans les larves d'insectes aquatiques, a été observé et décrit, pour la première fois, par Siebold [1] sur des *Cerc. armata* dont il a suivi la pénétration dans les larves des *Ephemera nemoura* et *perla*. Steenstrup [2] a observé l'enkystement de la même espèce et celui de la *C. echinata* dans le corps des mollusques dans lesquels elles avaient pris naissance.

123.

L'enkystement des Cercaires aquatiques ne paraît pas être le résultat nécessaire de leur arrivée dans le milieu qui leur offre le plus de chances favorables pour leur développement ultérieur, mais le résultat d'un besoin de leur organisation qui les pousse à s'enkyster à un moment donné dans quelque position qu'elles se trouvent. Ainsi, les Cercaires qui, pour une raison quelconque, n'ont pas pu sortir des cavités internes du mollusque dans lesquelles se trouvent les Sporocystes dont elles proviennent, s'enkystent en ce lieu; d'autres, dans leur empressement, profitent du moindre appui pour construire et fixer leur kyste, comme un brin d'herbe, un corps flottant, etc. On en a même vu s'enkyster sur le porte-objet du microscope.

D'après Carus [3] et Siebold, il peut même arriver que des Cercaires perdent leur queue et s'enkystent pendant qu'elles sont encore dans leur Sporocyste. Il résulte de cela que, le plus souvent, les Cercaires se fourvoient complètement et s'enkystent dans des lieux qui ne leur offrent aucune issue, et qui sont tout-à-fait en dehors de la route qui peut les conduire dans le milieu nécessaire à leur transformation définitive, ce qui, joint aux autres chances de destruction, auxquelles

[1] Wagner's Handwörterbuch d. Physiol., t. II, art. *Parasiten*, p. 669.

[2] Generationswechsel, etc.

[3] L. C., p. 12.

sont même exposés les kystes bien placés pour aboutir, contre-balance suffisamment leur excessive multiplicité.

Ce besoin impérieux de s'enkyster en vertu duquel les Cercaires profitent de tout ce qui se trouve à leur portée, notamment la plupart des animaux aquatiques, explique pourquoi on rencontre tant de kystes dans les Crustacés, les Batraciens et les Poissons, kystes qui, suivant les espèces auxquelles ils appartiennent, se trouvent dans le cas de ceux que nous venons d'indiquer, et n'ont aucune chance d'aboutir, car il est évident que le plus souvent ceux qui, dans un mollusque ou une larve d'insecte, seraient placés pour arriver dans l'intestin d'un oiseau insectivore, leur vraie destination par exemple, n'y arriveront jamais, s'ils se sont fourvoyés dans une écrevisse, une grenouille ou un poisson. Il faut donc, dans l'observation de ces faits, qui se présentent très-fréquemment, ne pas perdre de vue les considérations que nous venons d'indiquer, et sans la connaissance desquelles on peut être conduit, d'après leur situation présente, aux conclusions les plus fausses sur la destination possible de kystes qui, par leur abondance même, paraissent être dans des conditions parfaitement normales.

124.

La durée de la période d'enkystement, sur laquelle nous ne possédons que peu de renseignements, et qui, d'après quelques observations, peut être assez longue, ne doit du reste, par la nature même et le but du phénomène, nullement être constante. En effet, pendant que la Cercaire est dans son kyste, sans augmenter beaucoup de volume, son organisation se perfectionne, ses divers organes, dont quelques-uns n'étaient encore que rudimentaires, se complètent, et elle se rapproche toujours plus de sa forme adulte définitive sans cependant l'atteindre, tant qu'elle ne sera pas arrivée dans le milieu qu'elle doit habiter sous cette forme, et qui seul peut lui fournir les matériaux alimentaires et les conditions nécessaires à son accroissement complet et au développement de ses appareils générateurs. La période d'enkystement est une période d'attente, et sa durée est donc entièrement subordonnée aux circonstances extérieures qui déterminent le changement de milieu indispensable à la métamorphose finale de la Cercaire.

Or, ces circonstances étant tout-à-fait indépendantes, soit du kyste, soit de l'animal qu'il contient, et pouvant déterminer ce changement de milieu d'un moment à l'autre (tout comme il se peut que ce changement de milieu ne se fasse jamais), la durée de l'enkystement ne peut en aucune manière être précisée. Reste le cas où le changement de milieu ne se fait pas, ce qui doit fréquemment arriver, car tout mollusque ou larve d'insecte contenant des kystes de Cercaires ne devient pas nécessairement la proie d'un autre animal.

Dans ce cas, la durée des kystes sera-t-elle indéfinie? Evidemment non; la Cercaire renfermée dans un kyste subira le sort de tout corps organisé, et, au bout d'un temps plus ou moins long, les conditions nécessaires à son développement ne se réalisant pas, elle cessera de vivre. C'est ce que démontre l'observation des kystes dont nous avons parlé, et qui se trouvent fourvoyés dans un animal par l'intermédiaire duquel ils ne pourront jamais arriver à leur destination; parmi un petit nombre de kystes contenant encore un jeune Distomide vivant, la plupart ne renferment qu'un amas informe, résultat de la mort et de la désorganisation de l'animal qui les avait construits, et qui finit par être résorbé ainsi que son kyste. (Ceci s'observe très-habituellement chez les poissons et les batraciens.)

Dans certains cas, il peut arriver que la Cercaire, comme lasse de sa longue captivité dans son étroite prison, réussisse par ses mouvements à rompre son kyste, en sorte, et se mette à errer dans les tissus ambiants, comme on l'observe principalement pour les Cercaires enkystées dans les mollusques, chez lesquels on rencontre parfois, dans le foie ou ailleurs, des jeunes Distomides libres, sortis récemment de leurs kystes, mais ne présentant pas le moindre progrès dans leur organisation, et au même point que ceux qu'on peut faire artificiellement sortir des kystes encore intacts dans le voisinage. Mais les tissus des mollusques ne réalisant nullement les conditions nécessaires au développement complet des Distomides, conditions que les animaux vertébrés peuvent seuls leur offrir, puisque ce n'est que chez ces derniers qu'on les rencontre à l'état adulte, il en résulte que ces jeunes Distomides, dont le développement est arrêté ou tout au moins ne peut se poursuivre, végètent quelque temps, meurent et disparaissent.

Steenstrup attribue aux kystes de la *C. echinata* une durée d'environ neuf à dix mois. Au bout de ce temps, il a trouvé les jeunes Distomes sortis et libres dans les tissus voisins, et les a pris pour le terme définitif des transformations de cette Cercaire, conclusion évidemment erronée, puisque ces jeunes Distomes, loin d'être adultes, ne peuvent même jamais le devenir dans les mollusques où ils ont été observés.

125.

Nous avons vu que, par la nature du milieu habité par les Cercaires aquatiques, celles-ci se trouvaient naturellement appelées à s'enkyster dans les animaux aquatiques, principalement dans les mollusques et les larves d'insectes. Ces deux catégories d'animaux sont la proie d'une foule de vertébrés de toutes les classes, principalement des Oiseaux et des Poissons, qui se trouvent par ce fait plus exposés que les autres à ingérer indirectement des kystes de Cercaires, et qui par cette raison, surtout les derniers, renferment une proportion de Distomides plus forte. En effet, transportés dans l'intestin d'un vertébré, les kystes des Cercaires ou se dissolvent sous l'action des sucs intestinaux, ou, ramollis par ce fait, se déchirent et laissent sortir leur contenu qui, se trouvant alors dans des conditions d'alimentation convenables, prend un rapide accroissement, acquiert des organes génitaux et tous les caractères de son espèce.

L'arrivée d'un jeune Distomide à l'état adulte suppose nécessairement son transport dans l'intestin de l'animal vertébré auquel son espèce est propre, ou tout au moins d'une forme voisine ; l'expérience montre en effet que des jeunes larves dont la destination probable est un animal à sang chaud, demeurent stationnaires, si elles ne périssent pas, lorsqu'on les introduit dans l'intestin d'un vertébré à sang froid. Du reste, pour ces animaux comme pour les autres, les modifications du milieu et les variations qui peuvent en résulter pour les formes qui y sont soumises, sont encore peu ou point étudiées, et fourniront sans aucun doute des faits curieux (si l'on en juge d'après la disproportion immense qui existe entre le nombre de formes de Cercaires actuellement connues et celui des Distomides), analogues à ceux que des travaux récents ont fait connaître chez les Cestodes.

126.

Dans tout ce qui précède, nous n'avons parlé que des Cercaires aquatiques proprement dites, c'est-à-dire de celles qui, au sortir de leurs Sporocystes, vivent passagèrement dans l'eau, et sont, pour cette raison, pourvues d'un organe natatoire particulier. Ce n'est, en effet, que chez celles-là que les divers phénomènes de l'enkystement, etc., ont été observés. Celles dont il nous reste à parler, beaucoup moins bien connues, ne paraissent cependant pas offrir un mode de transformation aussi complexe. En effet, les larves produites dans les tubes ramifiés qui habitent les Acéphales, et qui ont reçu le nom particulier de Bucéphales, sortent de leur Sporocyste, errent dans les tissus, après avoir perdu leur queue, sans subir aucune modification nouvelle; il en est de même du *Dist. duplicatum*.

Quant aux Cercaires habitant les mollusques terrestres, elles ne sauraient en sortir sans périr; il en est de même de celles qui naissent dans les mollusques aquatiques et qui, comme les précédentes, n'ont pas d'organe natatoire, elles ne peuvent que rester dans les tissus du mollusque, ou tout au plus ramper à sa surface, manquant de tout moyen de progression dans un milieu liquide. Aussi les trouve-t-on toujours dans les tissus où elles sont nées, ou encore dans leurs Sporocystes. Leur organisation, généralement plus parfaite que celle des Cercaires aquatiques, est ordinairement analogue à celle de ces dernières sortant de leurs kystes, de sorte que ce que nous avons dit de celles-ci peut s'appliquer entièrement aux premières. Il faut remarquer que cette circonstance d'être plus avancées que les Cercaires aquatiques, ce qui évite aux Cercaires non aquatiques un stage par lequel les autres passent avant d'être à leur niveau, est en même temps, au point de vue de la diffusion de l'espèce, une condition défavorable. En effet, les Cercaires non aquatiques demeurant forcément dans leur mollusque, y attendent d'une manière passive leur transport dans le milieu favorable à leur transformation, milieu qui, pour elles comme pour les autres, ne peut être que l'intestin d'un animal vertébré; il en résulte que le sort de la couvée toute entière dépend du fait que le mollusque qui la renferme sera ou non la proie d'un animal vertébré, puisque les jeunes larves ne prennent aucune part active à ce transport. Les Cercaires aquatiques, au contraire, qui se répandent par myriades

dans les eaux, vont peupler de leurs kystes une quantité de mollusques et de larves, et augmentent ainsi les chances de diffusion de l'espèce en multipliant le nombre des êtres par l'intermédiaire desquels elles pourront arriver à leur destination. On voit donc par là que les espèces aquatiques doivent être plus abondantes et plus répandues que les autres, ce que l'observation confirme complètement, car elle constate que les espèces de Cercaires terrestres ou généralement non aquatiques n'ont été encore observées que très-rarement, bien qu'elles soient en quantités immenses à la fois sur un mollusque infesté, tandis que la plupart des espèces aquatiques sont extrêmement répandues et se trouvent presque partout. Il résulte encore de cette disposition un fait inverse relativement à la fréquence des individus à l'état adulte, c'est que l'animal vertébré qui avale un mollusque infesté de Cercaires non aquatiques, se trouvera posséder la couvée entière de jeunes larves, et, par conséquent, contiendra un nombre immense de Distomides; ce qui arrivera moins dans le cas de Cercaires aquatiques, qui ne restent pas concentrées sur un seul point, mais aussitôt arrivées à maturité, quittent leurs hôtes et se dispersent dans toutes les directions.

127.

On connaît actuellement environ une quarantaine d'espèces de Cercaires. Sur ce nombre déjà considérable, quatre seulement sont terrestres, toutes les autres ont été trouvées avec leurs Sporocystes dans des mollusques aquatiques, ou libres dans les eaux; sept seulement sont marines, mais il est présumable que ce chiffre ne tardera pas à s'élever considérablement dès que les observateurs tourneront leurs recherches de ce côté. C'est à cette forte proportion de formes larvaires aquatiques qu'il faut rattacher la prépondérance marquée des Distomides adultes dans les vertébrés aquatiques, et qui s'étend même à ceux qui, tout en appartenant à des groupes entièrement terrestres, ont un genre de vie plus aquatique que leurs congénères (§ 7).

128.

Les formes assez diversifiées qu'on remarque chez les Cercaires peuvent se grouper autour d'un petit nombre de types qui paraissent, quoique pas d'une

manière absolue, en rapport avec les différentes formes de Sporocystes que nous avons indiquées (§ 104).

Le premier type, le plus riche en espèces, est celui des Cercaires qu'on peut appeler *stylifères*, c'est-à-dire armées d'un stylet placé à l'extrémité antérieure de leur corps, et qu'elles perdent pendant leur métamorphose. Toutes les Cercaires appartenant à ce type proviennent des Sporocystes *sacciformes;* toutes ont deux ventouses bien apparentes et se transforment, par conséquent, en Distomes.

Toutes les formes terrestres connues (une seule exceptée) appartiennent par toute leur organisation à ce premier type, bien que toutes n'aient pas de stylet.

Un second type plus tranché encore que le précédent, et qui correspond entièrement au second groupe des Sporocystes que nous désignons sous le nom de *cylindriformes*, est celui des *Cercaires fourchues,* caractérisées par la bifurcation très-apparente de l'extrémité de leur queue. Toutes sont aquatiques ; une seule espèce, nouvellement décrite par M. de la Vallette (*C. cristata*), est dépourvue d'une ventouse abdominale, les autres, au contraire, ont comme les précédentes deux ventouses distinctes.

Au type des Sporocystes *tubuliformes* ramifiés, se rattachent deux formes de Cercaires très-remarquables par la complication de leur appendice caudal, composé d'une base lamellaire fixée au corps de la Cercaire, et portant deux longs filaments contractiles. Les Cercaires appartenant à ce type sont aquatiques par leur habitat, mais nullement par leur organisation, car leur queue n'est aucunement propre à la locomotion aquatique; aussi, de même que les Cercaires terrestres, ne quittent-elles pas les mollusques qu'elles habitent. Jusqu'à présent cette forme paraît spéciale aux Acéphales lamellibranches d'eau douce et marins.

Le quatrième type est celui des Cercaires *épineuses*, qui toutes prennent naissance dans les Rédies que nous avons appelées *processigères*, et sont remarquables par l'organisation de leur extrémité antérieure épanouie en collerette bordée d'épines, semblable à celle qui caractérise les espèces adultes du sous-genre Echinostome. Quelques observations récentes ont démontré que cette ressemblance n'est point illusoire, et qu'effectivement ces Cercaires se transforment en Echinostomes. Toutes sont aquatiques.

Le cinquième et dernier groupe, beaucoup plus hétérogène que les précédents, comprend quelques formes produites dans les Rédies simples, et d'une organisation assez diversifiée pour qu'on ne puisse saisir entre elles de caractère commun dénotant un type spécial. Toutes sont dépourvues de stylet ou de piquants, plusieurs d'entre elles présentent des taches ocellaires, qui, dans deux espèces du moins, sont de véritables organes de vision. Toutes sont aquatiques: une d'elles manque de ventouse médiane, et se transforme en Monostome; une seconde, remarquable par son organisation et la position de sa ventouse abdominale, qui est tout-à-fait postérieure, devient un Amphistome; toutes les autres sont des larves de Distomes.

129.

Sans qu'on puisse précisément établir parmi les Cercaires deux grandes divisions correspondantes à celles que dans les Sporocystes nous avons distinguées sous les noms de Sporocystes et Rédies, on peut cependant reconnaître quelques différences assez constantes entre les Cercaires provenant de l'une ou de l'autre de ces deux catégories de nourrices, qu'il est important de signaler: Les Cercaires provenant de Rédies sont toujours très-complètement et promptement développées, déjà avant leur expulsion de la nourrice. Les appareils digestif et excréteur sont toujours visibles, ce qui n'a pas ordinairement lieu pour les Cercaires provenant de Sporocystes, chez lesquelles l'intestin paraît n'atteindre son développement complet que pendant la métamorphose, et manque le plus souvent dans les Cercaires libres). Dans les Cercaires de Rédies, l'intestin est presque toujours bifurqué immédiatement au devant de la ventouse moyenne quand elle existe, et par conséquent précédé d'un œsophage assez long, tandis que celui des Cercaires de Sporocystes simples est ordinairement très-court ou nul. Enfin, dans ceux-ci, la cavité excrétoire (qui précède la formation du tube digestif, et est toujours visible dans les Cercaires libres, est en général simple, ou légèrement bifurquée, mais peu étendue; dans les Cercaires de Rédies, elle est toujours ou très-vaste, ou bifurquée en deux larges branches latérales qui remontent jusque dans la partie antérieure du corps. Ajoutons que ce n'est encore que chez ces dernières qu'on

rencontre, parmi les produits de l'appareil excréteur, le carbonate de chaux sous la forme concrétionnaire.

Quant à leur distribution géographique, elle dépend de celle de leurs Sporocystes que nous avons déjà indiquée (§ 106—109).

130.

Cercaires provenant des *Sporocystes sacciformes.*

A. CERCAIRES POURVUES D'UNE QUEUE.

1. *Cercaria duplicata.* (*Dist. duplicatum*[1]. Bær.) Tab. V bis. f. 9.

Cette forme assez singulière, longue d'environ 2^{mm}, est constituée de deux parties à peu près égales, le corps et la queue.

Corps aplati, ovoïde allongé, un peu élargi dans sa partie postérieure. Deux ventouses distinctes, l'une antérieure ou buccale (*a*), placée sur la face ventrale un peu en arrière de l'extrémité antérieure; l'autre ventrale (*g*), un peu plus grande que la première, et située à peu près au milieu du corps. La bouche, placée au fond de la ventouse ventrale, paraît suivie d'un œsophage très-court, et se bifurquant presque immédiatement en deux tubes qui descendent des deux côtés du corps jusque près de son extrémité postérieure, où se trouve un orifice très-évident que Bær a pris pour un anus, et qui n'est autre que l'ouverture de la cavité excrétoire que Bær ne paraît pas avoir vue.

Dans la partie postérieure du corps, en arrière de la ventouse ventrale, Bær signale deux points transparents qu'il regarde comme des amas d'ovules, mais qui sont probablement les rudiments des appareils générateurs qui se développeront plus tard dans l'adulte.

La queue de la *C. duplicata*, dont la longueur égale celle du corps, a une forme très-particulière. Mince à son insertion, elle s'élargit graduellement vers son

[1] Baer. Beit. zur kennt, etc. (Nov. act, etc. XIII. II, p. 558. XXIX, f. 2—12.—(1826.)

extrémité libre, qui est arrondie, de manière à ressembler à une massue. Elle est formée de deux couches; l'une extérieure, transparente et assez épaisse, qui se plisse par les contractions de la couche interne; celle-ci occupe la partie centrale de la queue sous forme d'un axe plus foncé, offrant des stries longitudinales plus ou moins onduleuses suivant l'état de contraction.

La *C. duplicata* prend naissance au nombre de six à huit individus dans un Sporocyste (§ **76,** 1) et se développe de gemmes sphériques transparents, chez lesquels on voit apparaître un petit appendice qui s'allonge graduellement, et finit par se distinguer du corps avec lequel il était, durant les premières phases, en continuité de tissu. Pendant ce temps, le reste du gemme se développe de son côté, et prend tous les caractères d'un jeune Distome, qui se meut dans son Sporocyste en rampant, et entraînant après lui sa lourde queue, dont les contractions, très-lentes et intermittentes, ne paraissent pas être d'une grande utilité à la larve au point de vue de la locomotion.

Après un certain temps, les *C. duplicata* sortent de leurs Sporocystes, et continuent à se mouvoir lentement, par les contractions de leur corps, dans les tissus du mollusque qu'elles habitent, puis leur queue tombe d'elle-même sans que la larve paraisse en être modifiée, si ce n'est que débarrassée de son lourd fardeau, elle se meut avec plus de vivacité. Enfin, après un temps plus ou moins long, elle périt. Bær a remarqué que le contact de l'eau, loin d'être nuisible à cette Cercaire, paraît activer ses mouvements et hâte sa sortie des Sporocystes, ainsi que la chute de sa queue.

Elle ne paraît pas devoir s'enkyster, mais vit libre dans les tissus des mollusques, sans présenter aucun progrès dans son développement, et attendant d'être transférée dans un milieu nouveau, présentant les conditions favorables qu'elle trouve probablement dans l'intestin de certains oiseaux aquatiques qui se nourrissent d'Anodontes, etc., ou peut-être dans les poissons, dans lesquels elles peuvent bien arriver, puisque le contact de l'eau ne leur est point nuisible.

Steenstrup émet, sur les transformations ultérieures de la *C. duplicata*, l'hypothèse assez singulière que cette forme serait la larve de l'*Aspidogaster conchicola*. Cette supposition, contre laquelle Steenstrup lui-même élève une objec-

tion tirée de la disproportion immense de ces deux formes, qui habitent toutes deux les Anodontes, etc., et dont l'une, l'*Aspidogaster*, est très-rare et ne se trouve qu'en très-petit nombre à la fois, tandis qu'on compte les *C. duplicata* par milliers dans un seul mollusque ; il en résulte que si celles-ci devaient poursuivre leur développement dans les Anodontes, et se transformer en *Aspidogasters*, ces derniers seraient infiniment plus nombreux, et on trouverait des formes intermédiaires entre les deux ; c'est ce qui n'a jamais été observé. Ajoutons encore qu'on ne rencontre point toujours ces deux formes ensemble sur le même mollusque. Du reste, l'organisation de l'*Aspidogaster*, très-différente de celle des autres Distomides (§ 4), permettrait à peine d'admettre une telle assimilation, quand même l'observation n'aurait pas constaté que l'*Aspidogaster* a un développement normal qui se fait entièrement dans les Anodontes, où il se reproduit par œufs, dont les embryons naissent, croissent, se métamorphosent et arrivent à la forme adulte, sans changer de milieu, et sans présenter à aucune période de leur croissance la moindre analogie avec aucune autre forme.

M. Van Beneden a, à ce qu'il paraît, dans le travail encore inédit que nous avons déjà plusieurs fois cité, rattaché l'un à l'autre, à titre de Scolex et de Proglottis, c'est-à-dire de nourrice et de larve, la *C. duplicata* et le *Bucephalus polymorphus*. Ce rapprochement est encore plus inadmissible que le précédent, car, dans l'hypothèse de Steenstrup, l'une des deux formes est adulte, c'est l'Aspidogaster; l'autre, ne l'étant pas, pouvait logiquement, sauf preuve du contraire, en être la larve. Mais M. Van Beneden établit une relation de parenté entre deux formes, toutes deux transitoires, et ayant toutes deux la même signification, car ces deux formes sont les termes correspondants de deux séries distinctes de développement. La *C. duplicata*, dont nous connaissons les Sporocystes, n'est donc pas elle-même une nourrice, c'est une larve ou Cercaire, qui devient ultérieurement un jeune Distome encore asexuel, mais qui ne peut évidemment se métamorphoser en autre chose qu'un Distome. Le *Bucephalus polymorphus* se développe aussi de son côté dans un Sporocyste tubuleux, et y naît, croît et se développe exactement comme la *C. duplicata* naît, croît et se développe dans son Sporocyste sacciforme.

Le *Buceph. polymorphus* est donc le produit d'un Sporocyste particulier, comme

la *C. duplicata* l'est du sien ; ces deux formes sont donc bien les termes correspondants de deux séries de développement, dont tous les termes sont parallèles, mais différents, et qui ont chacune leur phase embryonnaire, leur phase nourrice, leur phase larvaire, spécifiquement distinctes. Toutes deux sont des larves de Distomides, soit des Cercaires, et ne peuvent pas plus provenir l'une de l'autre que le têtard d'une grenouille ne peut provenir de celui d'un triton, par exemple[1].

Ce que nous savons maintenant de l'histoire des Distomides montre que ce n'est pas chez les mollusques qu'il faut chercher la fin de leur développement, mais dans les vertébrés, qui se nourrissent de mollusques ou d'autres animaux inférieurs, et par l'intermédiaire desquels les formes larvaires ou non adultes des Distomides se trouvent transportées dans leur intérieur.

La *C. duplicata* a été découverte par Baer et habite les mollusques lamellibranches d'eau douce, tels que les Anodontes (*Anod. ventricosa, anatina*, Baer ; *Anod. cygnea*, Filippi), et se trouve dans le rein, le foie, le pied, les branchies et la peau, presque toujours en grandes quantités. Baer a observé environ 5000 Sporocystes de cette espèce dans une *Anod. anatina*, dont chacun contenait en moins deux Cercaires, ce qui porte le nombre de celles-ci, au minimum, à 10,000 environ.

2. *Cerc. armata* (Sieb.)[2]. (Tab. V *bis*, f. 10.)

Longueur totale $0^{mm},46$ à $0^{mm},92$ (la Vall.)[3] ; corps long de $0^{mm},26$ à $0^{mm},52$, large de $0^{mm},2$ à $0^{mm},13$ (la Vall.), tantôt elliptique, tantôt cylindrique, suivant l'état de contraction, atténué en avant. Incolore, presque demi-transparent.

A l'extrémité antérieure du corps (fig. 10, B. *a*), derrière la ventouse buccale, est placé un stylet (*c*) aigu, très-dur, long de $0^{mm},028$, large de $0^{mm},007$, ordinairement caché dans le tissu du corps, mais protractile.

Ce stylet (*c*) est allongé, obtus postérieurement, et antérieurement découpé en trois parties, dont la médiane, plus longue et plus effilée que les deux autres, forme la

[1] D'ailleurs, pour pouvoir rattacher d'une manière positive une Cercaire à sa nourrice, il faut l'avoir trouvée dans celle-ci. Or, il est peu probable que M. Van Beneden ait vu des Bucéphales contenus dans des *C. duplicata*, et s'y développant normalement.

[2] Physiologie de Burdach, t. III.

[3] Symb. ad. Tremat. evol. hist. L. C., p. 18, *Tab. I, f. P. Q.*

pointe du spicule. Steenstrup signale dans cette espèce deux tubes latéraux simples, paraissant aboutir dans le voisinage du stylet. Ces tubes ont été constatés aussi par Dujardin, qui indique, comme étant en rapport avec eux, deux corps globuleux, probablement glandulaires, situés plus en arrière. Quoi qu'il en soit, ces divers organes ne sont pas indiqués dans la figure que Siebold donne de cette espèce et que nous reproduisons ici (f. 10). En revanche, le tube digestif *(d, e')* et l'appareil excréteur *(h)*, qui l'un et l'autre sont absents sur les figures données par Steenstrup, sont très-nettement figurés par Siebold.

M. de Filippi[1] a rencontré, dans les environs de Moncalier, une Cercaire très-semblable à la *Cerc. armata*, sur laquelle il figure également un appareil glandulaire, et deux canaux flexueux qui le mettent en rapport avec le stylet.

Queue, longue de $0^{mm},20$ à $0^{mm},34$, large de $0^{mm},05$ à son insertion ; cylindrique, atténuée à son extrémité.

Ventouse buccale (*a*), large de $0^{mm},06$, placée à l'extrémité antérieure sur la face ventrale. Ventouse abdominale (*g*), large de $0^{mm},07$, située un peu au-delà du milieu du corps. Toutes deux sont bien développées et nettement striées.

Bouche placée au fond de la ventouse antérieure, large de $0^{mm},01$; suivie d'un œsophage très-court, se bifurquant promptement en deux tubes latéraux descendants (*e'*), et terminés en cœcums.

Cavité excrétoire (*h*), placée dans la partie postérieure du corps, formée d'un tube simple qui aboutit à l'extrémité de l'orifice excréteur, et qui se bifurque en deux branches courtes, terminées en cœcums, qui montent en divergeant, et donnent à tout l'appareil l'apparence d'un Y.

La *C. armata* a été trouvée dans le *Lymnæus stagnalis* (Steenst. — La Vall.); le *Planorbis corneus* (Steenst.) ; — *Lymn. palustris* (Fil.) ; — *Palud impura* (La Vall.).

La *C. armata* prend naissance dans les Sporocystes (§ **76**, 2, et § **86**) en nombre généralement assez considérable ; son développement, résultat de l'accroissement et

[1] Deux^e. mém. pour servir à l'hist. génét. des Trématodes. L. C., p. 2, Tab. I, fig. I, II. (1855.)

des métamorphoses d'un gemme d'abord sphérique, ne présente rien de particulier. Lorsque le développement des Cercaires est complet, elles sortent des Sporocystes, et se répandent dans l'eau, formant autour des mollusques dont elles viennent de sortir un nuage, tant elles sont nombreuses. Steenstrup, qui a poussé très-loin ses observations sur ces larves, en a remarqué qui, au bout de peu de temps, rampaient à la surface extérieure des *Lymnæus stagnalis*, et *Planorbis corneus*, perdaient leur queue en la projetant au loin par la vivacité de leurs contractions, et paraissaient chercher à pénétrer dans la peau des mollusques sur lesquels elles se trouvaient, pour ensuite s'y construire une coque, ou un kyste, aux dépens d'une abondante couche de mucosité qu'elles sécrétaient par toute leur surface. Pendant ce temps, le corps contracté en boule de la Cercaire, par un mouvement continuel de rotation sur lui-même, se façonnait une cavité sphérique dans l'intérieur de cette mucosité, qui en se durcissant devenait une coque, dans les parois de laquelle le stylet de la Cercaire, devenu inutile, restait engagé (Tab. VII, f. 1, *c*). Steenstrup a observé que cet enkystement des *C. armata* se fait très-rapidement, et que peu d'heures après que les Cercaires ont quitté leurs Sporocystes pour se répandre dans l'eau, on trouve déjà la peau des mollusques toute parsemée par places, de ces kystes, qui, très-rapprochés les uns des autres, simulent un pavé en miniature.

Siebold[1] a observé l'enkystement de la *C. armata* dans d'autres conditions non moins remarquables, sur les larves aquatiques de certains Névroptères, dans lesquelles la Cercaire s'introduit en perforant la peau de ces larves dans les points où sa consistance plus molle lui permet d'y pratiquer une ouverture, c'est-à-dire dans l'intervalle des anneaux, et par un mécanisme que nous avons déjà décrit dans le commencement de ce chapitre. Les kystes sont du reste identiques à ceux qu'on trouve dans les mollusques. Siebold a aussi rencontré des kystes de cette espèce dans des crustacés et quelques autres animaux aquatiques.

La *C. armata* observée par Filippi[2] paraît avoir les mêmes habitudes que celle observée par Siebold. Elle s'enkyste dans les larves d'insectes, et même dans d'au-

[1] Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Art. Parasiten (1848).

[2] Deuxième mém., etc. L. C., p. 4.

tres animaux aquatiques, les premiers venus, comme pressée par un besoin impérieux, et sans les choisir toujours avec discernement. Ainsi Filippi en a vu s'enkyster sous la peau d'un jeune *Triton punctatus*. Il a trouvé également dans l'œsophage des Lymnées, des kystes qu'il regarde comme provenant de Cercaires avalées par le mollusque.

Quant à l'importance que cet auteur attache comme caractère de distinction spécifique, au fait que les Cercaires s'enkystent ou ne s'enkystent pas dans les mollusques dont elles proviennent, elle nous parait nulle ; car si Steenstrup a observé l'enkystement de la *C. armata* dans les Lymnées ou les Planorbes dont elle venait de sortir, Siebold l'a observé dans d'autres animaux, principalement les larves aquatiques de certains insectes, qui paraissent être le véritable canal par lequel les kystes arrivent dans le milieu nécessaire à leur évolution définitive. Les kystes des mollusques sont alors probablement des kystes perdus, fourvoyés, comme ceux que la *C. armata* construit dans la plupart des animaux autres que des larves d'Insectes, chez lesquels on en trouve. Les Cercaires qui sont pressées de s'enkyster, choisissent les mollusques dont elles viennent de sortir comme étant les plus à leur portée ; cela n'exclut point la possibilité de l'enkystement d'autres individus de la même couvée dans d'autres animaux ; seulement Steenstrup, qui observait les Cercaires dans leurs mollusques, sans perdre de vue ceux-ci, n'a pas suivi les Cercaires libres, et a conclu de ce qu'il voyait, que la *C. armata* s'enkystait normalement dans les mollusques, ce qui l'a ensuite conduit à rechercher à tort, dans ces derniers, le terme final de son évolution. Pour d'autres espèces, comme nous le verrons, ou peut-être pour la même espèce dans des localités différentes, par conséquent dans des conditions dissemblables, il peut n'en être pas de même, parce que les Cercaires moins pressées de s'enkyster ont le temps de se disséminer, et de s'éloigner du voisinage de leurs mollusques, dans lesquels, par conséquent, elles ne s'enkysteront qu'accidentellement ou pas du tout.

Steenstrup a figuré quelques cas d'enkystement de la *C. armata* dans ses propres Sporocystes, et parmi d'autres Cercaires plus ou moins avancées dans leur développement. Carus signale un cas analogue.

Filippi, à la suite d'une observation faite par lui sur les Rédies de la *C. echinatoïdes*, dans lesquelles il a trouvé un organisme très-bizarre, semblable

à un Distome, et qu'il nomme Tetracotyle, paraît croire et avec raison, que ces soi-disant *C. armata* enkystées dans le Sporocyste, figurées par Steenstrup, pourraient bien être quelque chose d'analogue à son Tétracotyle ; nous reviendrons du reste sur ce sujet avec détails en parlant de ce dernier.

La transparence des kystes de *C. armata* permet de voir distinctement l'organisation de leur contenu, que Steenstrup[1] a parfaitement figurée mais faussement interprétée, car il a retourné l'animal et renversé la signification des organes, prenant l'orifice de la ventouse buccale pour celui de la cavité excrétoire, le pharynx pour un pore en relation avec un organe flexueux qui n'est autre que les branches du tube digestif. Enfin la cavité excrétoire, très-nettement bifurquée dans cette espèce, et son orifice, sont pour lui l'appareil digestif et la bouche. Il faut donc retourner ses figures, d'ailleurs très-exactes, pour avoir une idée vraie de l'animal.

Les kystes de la *C. armata* sont ovoïdes, et ont environ $0^{mm},2$ de long sur $0^{mm},1$ de large. Filippi a trouvé dans les kystes de la *C. armata* qu'il a observés, la cavité excrétoire très-dilatée, et renfermant des globules graisseux mêlés à d'autres plus opaques.

Steenstrup constate qu'après un séjour assez long, mais indéterminé, dans leur kyste, les jeunes Distomes en sortent, et restent dans les tissus avoisinants sans présenter aucun progrès dans leur organisation.

Ce sont ces jeunes Distomes asexuels qu'il a nommés *Dist. tarda*, et qu'il regarde à tort comme le terme du développement de la *C. armata*, terme qui, comme nous l'avons déjà dit, ne doit être cherché que dans des animaux vertébrés. Le *D. tarda* de Steenstrup[2], tel qu'il le figure au sortir de son kyste (Steenst. Generationswechsel, etc. T. III, f. 5 *a–d*), est renversé comme ses *C. armata* enkystées, et de plus imparfaitement exécuté; en le reproduisant ici (Tab. VII, f. 16) nous l'avons retourné, en complétant par un trait pointé les fragments d'organes indiqués dans la figure de Steenstrup. Quant aux figures 5 *e–g* de Steenstrup, représentant ce

[1] Generationswechsel etc. L. C., p. 83. (Tab. III, f. 4, *e–g*.)

[2] L. C., Tab. III, fig. 5 *a*.

qu'il prend pour des *Dist. tarda* complètement formés, tels qu'il les a rencontrés quelquefois dans le foie et dans les organes génitaux du *Lymn. stagnalis* et du *Planorbis corneus* au nombre de 10-50, et qui paraissent entourés d'une couche épaisse semblable à de l'albumine coagulée, il s'agit évidemment des mêmes organismes qu'il a trouvés quelquefois dans les Sporocystes de la *C. armata*, qu'il a pris pour des Cercaires précocement enkystées, et sur lesquels nous aurons à revenir en parlant du *Tetracotyle* de Filippi.

Jusqu'à présent aucune observation n'a été faite sur les transformations ultérieures de la *C. armata*, et ni sa forme adulte ni l'animal qu'elle habite à cet état, ne sont encore déterminés directement. Cependant, avant de quitter ce sujet, il ne sera pas inutile de signaler quelques faits propres à éclairer la solution de la question, et à guider les observations en déterminant approximativement le champ des recherches à faire pour y arriver.

Nous savons, d'après les belles observations de Siebold, que la *C. armata* recherche volontiers, pour s'enkyster, les larves aquatiques de certains insectes, principalement des Nevroptères. Ces larves peuvent donc déjà être la proie des Poissons ou des Batraciens ; mais, par le fait de l'enkystement dans des larves d'insectes, le champ des migrations possibles des Cercaires enkystées se trouve considérablement étendu, en raison de la circonstance que ces larves se métamorphosent, et deviennent des Insectes aériens, qui continuent à renfermer sous cette nouvelle forme, les kystes antérieurement introduits dans leurs larves. On rencontre en effet très-fréquemment dans les insectes parfaits des genres *Agrion*, *Libellula*, *Ephemera*, *Phryganea*, *etc.*, de semblables kystes renfermant toujours un jeune Distomide non adulte. Ainsi introduits dans des Insectes parfaits qui, pour la plupart, restent à la surface même, ou dans le voisinage des eaux d'où ils sont sortis, ils ne doivent pas tarder à être transportés dans l'intestin des oiseaux insectivores, particulièrement des Hirondelles, qui consomment journellement une quantité énorme d'insectes, et comme on le sait, vont surtout chercher à la surface des eaux, qu'elles effleurent de leur vol rapide et continu, une nourriture plus abondante qu'ailleurs, et entièrement composée de ces insectes à larves aquatiques, dans lesquels les kystes de la *C. armata* peuvent se trouver renfermés.

Ces considérations, qui paraissent désigner les Hirondelles comme le milieu probable dans lequel les *C. armata* peuvent achever leur métamorphose, sont appuyées par le fait d'observation, que plusieurs espèces de ce genre sont habitées par une petite espèce de Distome, le *D. maculosum*, qui se rencontre presque toujours en grand nombre dans le rectum de ces oiseaux, surtout dans les Hirondelles de cheminée et de fenêtre (*Hirundo rustica* et *urbica*), et qu'on a observé également dans plusieurs autres oiseaux insectivores, ou tout au moins de formes très-voisines. Or, ce Distome présente les deux caractères essentiels qu'on remarque déjà sur la *C. armata*, portant sur des organes définitifs, et dont par conséquent les rapports ne doivent pas être modifiés dans l'adulte. Ces deux caractères : sont la brièveté de l'œsophage, qui se bifurque presque immédiatement pour former les deux branches de l'intestin ; enfin la forme très-particulière de l'appareil excréteur, qui est bifurqué en deux branches courtes donnant à l'ensemble la forme d'un Y. (Tab. V bis, fig. 10, A, *h*; — et Tab. VII, fig. 1, *h*.)

Ces mêmes caractères se retrouvent dans quelques autres Distomes qui habitent également l'intestin d'autres oiseaux insectivores, et qui sont assez voisins du *Dist. maculosum*, pour que les zoologistes hésitent à les regarder comme des espèces bien distinctes.

Quoi qu'il en soit, la ressemblance très-grande qui existe entre les appareils digestif et excréteur de la *C. armata* et ceux du *Dist. maculosum* et espèces voisines, mérite d'être prise en considération par les observateurs.

3. *Cerc. ornata*[1] (la Vall.).

Longueur totale 0^{mm}, 43 à 1^{mm}, 1.

Corps long de 0^{mm}, 23 à 0^{mm}, 5 suivant l'état de contraction ; elliptique, très-contractile, incolore, demi-transparent.

L'extrémité antérieure est armée d'un stylet semblable à celui de l'espèce précédente.

[1] La Vallette. Symb. ad Tremat. evolut. hist. L. C., p. 18. *(Tab. I, fig. O.)*

Queue, longue de $0^{mm},2$ à $0^{mm},6$, très-contractile, cylindrique, amincie à son extrémité libre, présentant un bord membraneux très-apparent, incolore comme le reste du corps.

Ventouse buccale large de $0^{mm},03$, placée un peu avant l'extrémité antérieure, sur la face ventrale.— Ventouse abdominale, large de $0^{mm},07$, un peu au-delà du milieu de la longueur du corps.

M. de la Vallette a reconnu distinctement l'appareil digestif, et, en outre, deux stries blanchâtres [1] s'étendant depuis la ventouse jusque près de la bouche, et qu'il regarde comme appartenant probablement à l'appareil excrétoire. (Ces deux canaux pourraient être aussi en rapport avec le stylet dont ces Cercaires sont pourvues, et appartenir à ce système de tubes dits *salivaires* qu'on retrouve dans la plupart des Cercaires armées d'un stylet antérieur.)

Cette espèce est produite par des Sporocystes (§ 95) habitant le foie du *Planorbis corneus* (Berlin).

Rapports et différences. La *C. ornata* est très-voisine de la *C. armata*, dont elle ne diffère que par le limbe membraneux qui borde sa queue, et (d'après la Vallette) par l'état de développement de son appareil digestif, lequel est très-apparent, ce qui n'est pas le cas pour la *Cerc. armata*. M. de la Vallette figure aussi dans la *C. ornata* un long œsophage, se bifurquant au-devant de la ventouse ventrale, mais il n'en parle pas dans le texte.

4. *Cerc. microcotyla* [2] (Fil.); *C. pugnax* [3] (La Vall.) (Tab. V *bis*, fig. 11.)

Longueur environ $0^{mm},4$ (Fil.); — (de $0^{mm},245$ à $0^{mm},322$, d'après La Vall.).

Corps long de $0^{mm},08$ à $0^{mm},14$, large de $0^{mm},082$ à $0^{mm},099$, ovoïde, aminci antérieurement, incolore, très-transparent ; armé à son extrémité antérieure d'un fort stylet, ayant, d'après M. de la Vallette, $0^{mm},033$ de long, et s'atténuant subitement, à $0^{mm},026$ de son extrémité postérieure, en une pointe effilée, longue

[1] L. C. Tab. I. O. *g*.

[2] Premier mém. pour servir, etc. L. C., p. 7. *Tab. I, fig. 7, 8, 9.* (1854.)

[3] La Vallette. Symbol. ad Tremat., etc., p. 19. *Tab. I. R.*

de 0mm,007 et large de 0mm,002. Ce stylet, du reste semblable à celui de la *Cerc. armata*, est en rapport avec un appareil glandulaire très-remarquable situé des deux côtés de la ventouse abdominale, où il forme deux taches blanches à la lumière directe, jaunâtres ou verdâtres à la lumière transmise, qui se détachent nettement du reste du corps, et donnent à la Cercaire un aspect assez particulier. Chacune de ces taches ou masses glandulaires est composée de deux corps placés l'un derrière l'autre. L'antérieur est formé d'une masse granuleuse jaunâtre, et contenant un noyau plus transparent. Le postérieur est, au contraire du précédent, d'un tissu très-transparent, pourvu dans son intérieur d'un noyau opaque. L'irrégularité des contours et la variabilité de la forme de ce corpuscule postérieur, font croire à Filippi que ses parois sont contractiles. Chacun de ces corpuscules étant en rapport avec un canal spécial, il se trouve ainsi de chaque côté du corps deux conduits qui remontent en serpentant (*f'*), et vont s'aboucher vers l'extrémité antérieure dans le voisinage du spicule. Filippi dit avoir vu à la partie antérieure du corps où se trouve le stylet, une vessie qui occupe la place du bulbe œsophagien. Mais, d'après la figure grossie qu'il en donne, il est probable que ce soit là la ventouse antérieure qui, avant d'être formée, ressemble à une surface sphérique transparente et homogène, et dans laquelle le spicule est toujours logé dans une gaîne étroite et de même forme que lui, que Filippi a très-bien figurée. C'est dans cette gaîne qu'il a vu s'aboucher les canaux (*f'*) provenant de l'appareil glandulaire. Dans le même point, aboutit de chaque côté l'extrémité d'un troisième tube (*f''*), terminé en arrière, après un très-court trajet, en cœcum un peu élargi. Cet organe, qui, pas plus que le précédent, n'a d'usage encore connu, paraît être analogue à celui figuré par Steenstrup dans ses *Cerc. armata*.

Queue, longue de 0mm,165 à 0mm,181, large de 0mm,016 (La Vall.), cylindrique, amincie à son extrémité libre.

Ventouses très-inégales ; la buccale (*a*), large de 0mm,049, placée un peu en arrière de l'extrémité antérieure, sur la face ventrale ; l'abdominale (*g*) très-petite, large de 0mm,02, un peu en arrière du milieu de la longueur du corps.

Appareil digestif non encore apparent.

Cavité excrétoire (*h*) arrondie, bilobée, très-contractile, située à l'extrémité postérieure du corps.

Habite les organes génitaux des *Palud. vivipara* et *achatina* (Lac de Varèze. Fil. — Berlin. La Vall.) dans des Sporocystes (§ **76**, 3, et § **87**).

La *C. microcotyla* se forme, comme les précédentes, par la métamorphose de gemmes sphériques, d'une structure d'abord cellulaire, structure qui disparaît ensuite ; le gemme devient alors une vésicule transparente dont la forme se dessine de plus en plus en prenant les caractères des Cercaires. En premier lieu apparaissent les organes glanduleux, puis le stylet, enfin les canaux excréteurs de l'appareil glandulaire. Filippi, qui a suivi cette espèce jusqu'à l'époque de sa mise en liberté, ne paraît pas même alors avoir vu d'intestin, car il n'en parle pas.

Une fois en liberté, cette Cercaire nage avec rapidité dans l'eau au moyen des flexions brusques et alternatives de sa queue. Filippi n'a pas observé l'enkystement de cette espèce, il constate seulement que les Paludines ne renfermant jamais de kystes, il est probable que comme la *C. armata* observée par Siebold, la *C. microcotyla* recherche surtout les jeunes larves aquatiques, dans lesquelles elle peut s'introduire au moyen du fort stylet dont elle est armée. M. de Filippi croit pouvoir rattacher à cette espèce des kystes transparents qu'il a rencontrés fréquemment sous les muscles de l'appareil hyoïdien des grenouilles, et contenant un distome que ses petites ventouses et la présence de quatre corps glandulaires médians, rendent assez semblable à la *C. microcotyla*. Après avoir essayé inutilement quelques tentatives d'inoculation directe, M. de Filippi s'est arrêté à l'idée que ces kystes étaient arrivés là par l'intermédiaire de larves d'insectes, dans lesquelles les Cercaires se seraient enkystées préalablement, et qui auraient ensuite été avalées par les grenouilles; hypothèse tout simplement impossible, car, dans ces conditions, les kystes contenus dans les larves d'insectes arriveraient dans l'intestin, et, par conséquent, ne pourraient se retrouver à l'état de kystes dans les muscles hyoïdiens de la grenouille. En effet, un kyste n'est pas par sa nature un corps qui puisse se mouvoir par lui-même; en outre, quand le Distome qu'il renferme en sort sous l'influence des liquides intestinaux (comme cela arrive en pareil cas), il reste dans l'intestin s'il est dans le milieu qui lui convient, ou descend sans se

développer, en suivant le sort des matières contenues dans l'intestin pour être rejeté avec elles, s'il ne rencontre pas les conditions nécessaires à son évolution finale. En tous cas, en admettant que ce jeune Distome remonte jusqu'à l'origine du tube digestif de la grenouille, comment pourrait-il, privé qu'il est du stylet qu'il possédait comme Cercaire, mais qu'il perd pendant l'opération de l'enkystement, pénétrer dans des tissus aussi résistants que ceux qu'il aurait à traverser pour arriver jusqu'au point où Filippi signale ses kystes? encore ceci admis, faudrait-il qu'il se réenkyste de nouveau, fait qui n'a jamais été observé. Donc, ce n'est ni à l'état de kyste, ni de jeune Distome sorti du kyste, que ceux dont il est question ont pu arriver dans les muscles hyoïdiens de la grenouille, mais c'est à l'état de Cercaire directement, et toujours en vertu de cette tendance des Cercaires à s'enkyster au hasard dans le premier animal venu, comme Filippi l'a constaté récemment encore sur des *C. armata* qu'il a vues s'enkyster dans la peau d'un *Triton punctatus*. Ces kystes des grenouilles sont des kystes fourvoyés, détournés de leur destination et perdus pour la reproduction de l'espèce, comme la plupart de ceux qu'on trouve dans les poissons et une foule d'animaux aquatiques; sans compter ceux que les Cercaires trop pressées se construisent en les fixant à un corps flottant ou un brin d'herbe, etc.

Il ne faut pas perdre de vue que ces kystes *fourvoyés* sont beaucoup plus nombreux que ceux qui réussissent, et que, par conséquent, on est exposé à rencontrer beaucoup plus souvent des premiers que des derniers, ce qui doit rendre les observateurs très-prudents dans leurs suppositions sur la destination probable des kystes qu'ils peuvent trouver. Cette disposition qu'ont les Cercaires à s'enkyster au hasard arrête la trop grande multiplication des individus adultes, qui arriveraient bientôt à pulluler d'une manière extraordinaire, si les myriades de Cercaires qui sortent des mollusques, dans les mois chauds de l'été, devaient toutes ou la plupart atteindre le terme définitif de leur développement.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES. La *C. microcotyla* ressemble beaucoup à la *C. armata*, mais elle en diffère surtout par la petitesse de sa ventouse abdominale, et par l'existence de l'appareil glandulaire qui l'avoisine.

M. de la Vallette n'ayant pas eu connaissance du premier mémoire de M. de Fi-

lippi, à l'époque où il faisait ses observations, a décrit la *C. microcotyla* sous le nom de *C. pugnax :* mais, dans un appendice placé à la fin de son mémoire, il reconnaît l'identité de la *C. pugnax* avec celle décrite par de Filippi, et à laquelle nous avons conservé, par droit de priorité, le nom de *microcotyla* donné par ce dernier.

5. *C. chlorotica* (Dies.); *Cerc. II.* (Baer)[1]. (Tab. V *bis*, F. 12.)

Cette espèce, observée pour la première fois par Baer, qui ne nous en a laissé qu'une description et une figure fort imparfaites, est remarquable par la présence de deux taches vertes (fig. 12, A, *f*) très-apparentes, situées de part et d'autre de la ventouse médiane, et qui se détachent fortement sur le corps très-transparent de la larve. C'est à cette apparence qu'est dû le nom de *chlorotica*, que Diesing[2] a appliqué à cette espèce. Baer n'a rencontré cette espèce que rarement et en petit nombre dans le rein de la *Paludina vivipara*, et enfermée dans des Sporocystes sacciformes (§ **76**, 4).

M. de Filippi fait remarquer avec raison, que les taches vertes qui caractérisent cette espèce, sont probablement dues, comme chez la *C. microcotyla*, à un organe glandulaire placé des deux côtés de la ventouse abdominale, car dans cette dernière, vue à un faible grossissement, le même organe prend l'apparence d'une tache jaunâtre toute semblable à celle signalée par Baer, et dans la même position.

Rapports et différences. Trop peu connue pour que nous puissions rien affirmer de précis sur la valeur spécifique de la *C. chlorotica*, le peu que nous en connaissons permet de la rapprocher, sinon de l'identifier, comme le fait M. de la Vallette, à la *C. microcotyla* (Fil.); (*Pugnax*. La Vall.).

6. *Cerc. brunnea* (Dies.); *Cerc. III* (Baer)[3].

Corps ovoïde, rétréci en avant, brunâtre.

[1] Beiträge zur Kenntniss etc. L. C. (1826.)

[2] Syst. Helminthum. T. I, p. 296. (1850.)

[3] Beit. zur Kennt. etc. L. C., pl. XXXI, 3 *b*.

Queue lisse, presque égale en longueur au corps.

Ventouse antérieure ovoïde.

Cette espèce, que nous ne connaissons que par une description très-insuffisante de Baer, a été trouvée par cet auteur dans des Sporocystes (§ **76**, 5) dans le *Lymnæus stagnalis*.

7. *Cerc. vesiculosa*[1] (Dies.); *Cerc. I.* (Baer); *C. vesiculosa?* (Fil.).
(Tab. V *bis*. Fig. 13 et 14.)

Longueur totale de $0^{mm},33$ (Baer); — de $0^{mm},45$ à $0^{mm},48$ (La Vall.).

Corps, long de $0^{mm},09$ à $0^{mm},22$; large de $0^{mm},13$; elliptique, un peu aplati; incolore, demi-transparent, parsemé de globules réfractant fortement la lumière, qui lui ont valu le nom spécifique de *vesiculosa* donné par Diesing. M. de la Vallette, après avoir étudié avec attention ces globules, constate qu'ils sont d'une nature toute différente des corpuscules réfringents qu'on remarque dans la cavité excrétoire de plusieurs Cercaires; en effet, les acides, qui dissolvent ces derniers, sont sans action sur les premiers, qui paraissent plutôt être constitués par une substance grasse, car ils se dissolvent complètement dans l'éther.

Extrémité antérieure du corps armée d'un fort spicule, long de $0^{mm},04$ sur $0^{mm},009$ de large. Ce stylet a été bien vu par Baer, qui l'a pris pour la bouche (Fig. 14, A, *a*), à laquelle il attribue, par conséquent, une position longitudinale, ce qui n'existe chez aucune espèce de Cercaire.

M. de la Vallette signale, comme étant en rapport avec le spicule, deux tubes courts, s'abouchant près du stylet, et semblables à ceux décrits dans l'espèce précédente.

Queue, longue de $0^{mm},26$ sur $0^{mm},04$ de large, très-contractile et se dentelant sur les bords lors de ses contractions.

[1] Diesing, Syst. Helminthum. T. I, p. 295. (1850.)
Filippi. Premier mém. pour servir, etc., p. 12. *Tab. I, fig. 14.* (1854.)
La Vallette. Symb. ad Tremat., etc. L. C., p. 19. *Tab. I, S.* (1855.)

Ventouse buccale, large de $0^{mm},065$, non terminale. — Ventouse ventrale[1], longue de $0^{mm},050$, ovoïde, souvent à moitié recouverte par une partie de la tunique musculeuse propre de la ventouse.

Appareil digestif peu apparent ou nul (La Vall.).

M. de la Vallette signale des deux côtés du corps deux vaisseaux latéraux descendant depuis la partie antérieure, et disparaissant au-delà de la ventouse ventrale. Ces vaisseaux qui, vus à la lumière directe, ont l'apparence de deux stries[2] blanchâtres ondulées, sont peut-être en rapport avec la cavité excrétoire[3].

La *C. vesiculosa* a été observée par Baer et La Vallette, dans la *Paludina vivipara*, dans des Sporocystes (§ **76**, 6, et § **88**) en quantités telles qu'ils encombraient complètement l'utérus du mollusque; Baer estime leur nombre à 20,000.

M. de Filippi[4] rapporte, quoique avec doute, à la *C. vesiculosa* (Dies.), une Cercaire (Fig. 13) qu'il a rencontrée rarement, mais toujours en grand nombre à la fois, dans des Sporocystes entassés sur les parois de l'utérus de la *Palud. vivipara*. Cette Cercaire[5], encore très-peu avancée dans son développement, était cependant déjà pourvue d'un stylet buccal (Fig. 13, *c*), et présentait un grand nombre de globules graisseux parsemés dans son corps. Les autres organes étaient encore complètement invisibles.

8. *Cerc. gibba*[6]. (Fil.). (Tab. V *bis*, fig. 15.)

Longueur $0^{mm},35$. — Corps ovoïde, allongé, armé antérieurement d'un fort stylet (*c*) implanté dans la partie dorsale de la ventouse antérieure, et en rapport avec un appareil glandulaire formant de chaque côté de la ventouse abdominale un amas (*f*) composé de la réunion de six ou huit corpuscules, analogues à ceux

[1] La Vallette. L. C. *Tab. I, S, s.* — [2] (*S, g.*) — [3] (*S, f.*)

[4] Premier mém., etc. L. C., p. 12. *Tab. I, fig. 14.*

[5] Dans son dernier mémoire (p. 23, note 1), Philippi croit que sa *Cerc. vesiculosa* n'était peut-être qu'un état arriéré de développement de la *Cerc. microcotyla*.

[6] Premier mém. pour servir, etc., p. 13. *Tab. I, f. 18.*

que nous avons vus dans la *C. microcotyla*. Chacune de ces masses glandulaires envoie deux canaux flexueux, très-dilatés (*f'*), qui vont aboutir au point où se trouve le stylet buccal.

Queue (*l*) plus courte que le corps, insérée un peu en avant de l'extrémité postérieure, sur la face ventrale, contractile.

Ventouses grandes, bien développées et égales (*a* et *g*).

Appareil digestif non encore formé.

Appareil excréteur en forme de cavité simple, arrondie et très-contractile (*h*).

Habite le *Lymnæus pereger*, dans des Sporocystes (§ **76**, 7). Cette espèce nage peu, et se sert surtout de ses ventouses, au moyen desquelles elle progresse sur la peau des mollusques comme une sangsue. Filippi constate qu'elle ne s'enkyste pas dans les mollusques.

9. *Cerc. macrocerca*[1]. (Fil.) (Tab. VI, fig. 1, 2.)

Corps ovoïde, un peu élargi postérieurement, traversé entre les deux ventouses par un sillon ondulé; armé antérieurement, comme toutes les espèces précédentes, d'un stylet placé dans la partie dorsale de la ventouse buccale, et des deux côtés duquel aboutit un canal sinueux (*f'*), provenant d'un appareil glandulaire (*f*), formé de deux petits groupes placés au-devant de la ventouse abdominale (*g*).

Queue dix ou douze fois plus longue que le corps, auquel elle est fixée par un mince pédicelle, immédiatement après lequel elle présente un énorme renflement cylindrique (fig. 2, *l'*), comme une poche dans laquelle le corps peut se retirer tout entier par retroussement, de manière à y être complètement enfermé. Cette dilatation, qui a à peu près la longueur du corps, est suivie d'une longue partie, beaucoup plus étroite (*l''*), très-transparente, présentant, de distance en distance, des dilatations allongées, ovoïdes (dans lesquelles de Filippi figure des granules dont il ne parle pas dans le texte) et se terminant par une pointe très-effilée. Cette queue, remarquable autant par sa structure que par ses dimensions, est au plus haut degré

[1] Premier mém. pour servir, etc., p. 13. *Tab. I, fig. 15-17.*

contractile, et se tord ou s'enroule en tous sens, même après avoir été détachée de l'animal.

Ventouses bien développées, la buccale un peu plus petite que la ventrale, qui est elle-même placée un peu au-delà du milieu du corps.

Pas d'appareil digestif visible.

Cavité excrétoire étroite, en forme de tube sinueux, placé à l'extrémité postérieure sur la ligne médiane, et entouré d'un amas de cellules.

La *C. macrocerca* est une de ces rares espèces de Cercaires, produites dans les Sporocystes sacciformes, qui habitent des mollusques acéphales ; c'est sur les branchies de la *Cyclas cornea* que Filippi l'a trouvée, près de Turin, dans de longs Sporocystes (§ **76,** 8).

Le développement ultérieur et définitif de la *C. macrocerca* paraît avoir été suivi complètement par M. Wagener, qui, dans sa lettre à M. de Filippi[1], l'annonce comme étant la larve du *Dist. cygnoïdes,* espèce dont nous connaissons déjà la forme embryonnaire (§§ **48** et **82**).

10. *Cerc. virgula*[2]. (Dies. Fil.) (*Distoma*[3] *virgula*. Fil.)

Corps allongé, élargi dans sa partie antérieure, plus étroit postérieurement, parsemé d'épines disposées en rangées transversales. L'extrémité antérieure porte un stylet aigu auquel viennent aboutir deux sortes de canaux, tout-à-fait comme nous l'avons déjà vu dans la *C. microcotyla* : 1° au-devant de la ventouse médiane se trouve un organe glandulaire, formé d'un grand nombre de cellules granuleuses, contenant un noyau plus clair, et duquel partent, de chaque côté du corps, deux canaux flexueux ascendants, qui se terminent en s'amincissant sur les côtés du stylet ; 2° sur la ligne médiane, derrière le stylet, se trouvent deux tubes simples, très-courts, dont les extrémités postérieures, fortement dilatées, se terminent en cœcums, et sont soudées l'une à l'autre. Ces deux tubes, qui paraissent s'aboucher,

[1] De Filippi. Deux. mém., etc. L. C., p. 24.

[2] Id. Id. L. C., p. 5. *Tab. I, fig. 5, 6.*

[3] Id. Bibl. Ital. LXXXVII. 338, fig. 15. (1837.)

ainsi que les précédents, par leur extrémité antérieure amincie, dans le voisinage du stylet, sont remplis d'un liquide transparent, jaunâtre.

Queue plus courte que le corps, contractile.

Ventouses peu développées, surtout la buccale; la médiane est petite.

Pas d'appareil digestif visible.

Appareil excréteur formé d'une cavité postérieure bifurquée en forme de Y, à branches courtes, très-contractile.

Habite en quantités considérables les viscères de la *Palud. impura* (Fil., Moncalier), dans des Sporocystes (§ **76**, 9, et § **89**).

Les *Cerc. virgula* se développent de gemmes d'abord formés par l'agrégation de cellules à noyaux très-transparents, qui se multiplient à mesure que le gemme croît, et finissent par se fondre en une masse homogène transparente qui devient, par métamorphose, une Cercaire.

Cette espèce s'enkyste comme la *C. armata* dans les larves d'Insectes, à l'intérieur desquelles on rencontre fréquemment, dans les lieux habités par ces Cercaires, des kystes qui y sont depuis plus ou moins longtemps. Au travers de ces kystes[1], longs de $0^{mm},11$, ovoïdes, on aperçoit très-distinctement les épines qui recouvrent le corps du jeune Distome qu'ils renferment, et sa cavité excrétoire en forme de Y. Filippi a constaté que les Distomes, quoique enfermés dans leurs kystes, prennent un certain accroissement, car ceux qu'il a rencontrés dans des larves de Perlides avaient $0^{mm},19$ de diamètre. Il croit aussi que les Cercaires ne peuvent pénétrer dans les larves d'insectes que lorsque celles-ci sont jeunes, leurs anneaux devenant plus tard trop durs pour pouvoir permettre l'introduction des Cercaires, ce qui le conduit à admettre que les kystes peuvent demeurer au moins trois ans à l'état où il les a trouvés. Quoi qu'il en soit, les kystes contenus dans les larves d'insectes restent dans celles-ci après leur métamorphose, et sont ainsi transportés dans l'intestin de certains animaux insectivores, où leur contenu peut, s'il rencontre des conditions favorables, se développer et atteindre la forme adulte.

La comparaison de la *C. virgula* avec quelques Distomes adultes connus, a con-

[1] Filippi. L. C. *Pl. I, fig. VII.*

duit M. de Filippi à regarder comme le terme adulte de la première, le *D. maculosum* des Hirondelles, ou quelque espèce voisine.

On a vu que la discussion de cette question à propos de la *C. armata* m'a conduit à la même conclusion, c'est-à-dire que la *C. armata* devient probablement le *D. maculosum* des Hirondelles, me basant précisément sur la forme de l'appareil digestif, et surtout de l'appareil excréteur en Y. La *C. virgula* a de plus que la *C. armata* en sa faveur le fait qu'elle est épineuse, comme le *Dist. maculosum*, de sorte qu'en ce qui concerne celui-ci, la conclusion de M. de Filippi est la plus probable. Cependant, tout en reconnaissant à ce dernier la priorité à laquelle l'antériorité de sa publication sur la mienne lui donne droit, je crois que ces conclusions n'ôtent rien à la valeur de celles que j'ai précédemment développées à propos de la *C. armata*, car les deux Cercaires sont assez voisines pour qu'on puisse leur supposer des termes adultes très-semblables (et on en connaît beaucoup) et un mode de migration identique; à vrai dire, cette dernière analogie n'est point une hypothèse, puisque Siebold a constaté aussi l'enkystement de la *C. armata* dans les larves de Nevroptères, qui en tous pays deviennent en grand nombre, une fois transformées en insectes parfaits, la proie des Hirondelles qui, pour leur faire la chasse, effleurent sans relâche la surface des eaux. Donc, pour les deux espèces, le mode de transport est le même, et elles sont trop peu différentes l'une de l'autre pour ne pas pouvoir se développer complètement dans les mêmes animaux vertébrés, chez lesquels elles constituent probablement ces espèces assez voisines pour que les zoologistes soient tentés de les regarder comme des variétés.

11. *Cerc. sagittifera* (Sieb.).

Espèce signalée sans description par de Siebold[1], et trouvée dans des Sporocystes (§ **76,** 10) habitant l'*Helix pomatia*.

12. *C. limacis* (Nob.). Tab. VIII, fig. 19, 20. — IX, fig. 11, 12.

Longueur variant de 0mm,14 à 0mm,28, suivant l'état de contraction.

Corps long de 0mm,11 à 0mm,25, large de 0mm,08, allongé. Contracté, il est en forme de massue, atténué antérieurement, puis renflé dans sa portion comprise

[1] Ueber Band- und Blasenwürmer etc. L. C., p. 17, fig. 3. (1854.)

entre les ventouses, pour s'atténuer de nouveau postérieurement; dans l'état d'extension complète, il devient cylindro-ovoïde. Il est formé d'un tissu assez homogène, peu granuleux, très-contractile, jaunâtre et assez transparent.

A l'extrémité antérieure, dans le tissu de la ventouse buccale, est logé un stylet assez fort, long de $0^{mm},02$, semblable à ceux que nous avons signalés dans les Cercaires précédentes.

Cette espèce, quoique toute terrestre, possède un petit appendice triangulaire, long de $0^{mm},03$, fixé à l'extrémité postérieure du corps, qui représente exactement la queue des Cercaires aquatiques, mais qui, inutile comme organe de locomotion, paraît n'avoir ici d'autre usage que celui de boucher l'orifice de la cavité contractile.

Ventouse buccale imparfaitement développée et encore sous forme d'une aire transparente. Ventouse ventrale, placée un peu en avant du milieu de la longueur du corps, très-développée, plus large que longue, c'est-à-dire transversale, ayant $0^{mm},037$ de long sur $0^{mm},045$ de large, une excavation centrale (*f*) large de $0^{mm},015$, profonde de $0^{mm},035$, dont la face interne est renforcée par une couche superficielle d'une substance plus dense, comme cornée, qui limite par un double contour très-foncé les bords sinueux de l'excavation. Le disque musculeux qui entoure celle-ci est très-nettement strié.

De tout l'appareil digestif, la bouche seule, formant sur l'espace clair de la ventouse un trait transversal, large de $0^{mm},02$, était visible.

Cavité excrétoire, située dans la partie postérieure, de forme conique, très-contractile, entourée d'un amas granuleux plus foncé et plus jaune que le reste du tissu.

Habite la cavité du corps de la *Limax cinerea* (Genève), dans des Sporocystes décrits § **76**, 11.

Une forme très-voisine de la précédente (Tab. IX. 11, 12) habite l'intérieur de l'*Arion rufus*, et n'en est peut-être qu'une variété. (Voir, pour les détails, la IIe partie de ce Mémoire.)

13. *Cerc. renale* (*Dist. renale* Fil.)[1].

Individus de grande taille, atteignant jusqu'à 2^{mm} de longueur.

[1] Deuxième mém. L. C., p. 19. *Tab. II, fig. 21.*

Corps allongé, régulièrement ovoïde, un peu atténué postérieurement, déprimé, très-transparent, à tégument lisse. — Pas de stylet buccal.

Queue nulle chez les grands individus; chez les plus jeunes, on remarque un petit appendice[1] placé à l'extrémité postérieure, très-court et inerte, qui représente, comme dans l'espèce précédente, une véritable queue rudimentaire.

Ventouses grandes et égales: la médiane située un peu en avant du milieu du corps.

Appareil digestif bien développé: le pharynx placé au-dessous de la ventouse buccale, très-musculeux, est immédiatement en contact avec la bifurcation de l'intestin, dont les branches s'écartent presque à angle droit, pour ensuite descendre des deux côtés du corps. Le tube digestif est généralement rempli de globules provenant du tissu de la glande du mollusque, dans laquelle cette espèce se trouve.

Cavité excrétoire très-petite, placée tout-à-fait à l'extrémité du corps.

Filippi figure un système de canaux consistant en deux troncs longitudinaux sinueux, placés des deux côtés des branches latérales de l'intestin, et se réunissant vers l'extrémité postérieure, formant ainsi une anse qui entoure le bout fermé de chaque branche de l'intestin.

Habite la glande de la mucosité de l'*Helix aspersa*. (Turin.)

Cette espèce s'est présentée à M. de Filippi à plusieurs états de développement. Les plus jeunes étaient munies de leur petite queue rudimentaire semblable à celle que nous avons observée dans la *C. limacis*, tandis que les plus grands individus en étaient dépourvus, et présentaient déjà dans la partie postérieure de leur corps des traces de l'appareil générateur. Il est assez probable, comme le croit M. de Filippi, que cette espèce, dont il n'a pas pu trouver les Sporocystes, ne s'enkyste pas comme les Cercaires à queue, mais attend sous sa forme larvaire assez avancée, le changement de milieu qui lui permettra d'atteindre le terme de son développement.

[1] Deuxième mém. L. C., p. 19. *Tab. II, fig. 21*, a.

B. CERCAIRES DÉPOURVUES DE QUEUE.

14. *C. Helicis Aspersæ* (Duj.)[1].

Long. de $0^{mm},3$ à $1^{mm},3$, à téguments finement striés en travers. Ventouses grandes, égales et saillantes. Bulbe œsophagien très-gros, intestin immédiatement bifurqué.

Telle est la description que donne Dujardin de ces formes qu'il a trouvées dans des Sporocystes (§ **76**, 12) habitant le foie de l'*Helix aspersa* (Rennes), et qui, à l'existence d'une queue près, paraissent bien semblables à l'espèce précédente.

Il faut encore probablement rapprocher des trois formes précédentes, habitant les Gasteropodes terrestres, quelques autres *jeunes Distomes* trouvés libres dans les viscères de ces mollusques, et qui proviennent probablement de Sporocystes comme les précédents, mais qui, ne pouvant par eux-mêmes sortir du milieu dans lequel ils sont nés, et prendre, à leur transmigration, une part *active*, comme le font les Cercaires aquatiques, sont condamnés à attendre, sans se développer, que cette transmigration se fasse par l'ingestion de leur hôte par un animal vertébré.

Dans ce nombre se trouvent :

A. Un Distome indéterminé, long de 3^{mm}, trouvé par Meckel[2] dans le rein de l'*Helix pomatia*, et dans lequel il a constaté un système de vaisseaux ramifiés, à cils vibratils, parcourant tout le parenchyme du corps, et s'abouchant directement dans la cavité excrétoire.

B. Distomes[3] longs de $0^{mm},5$ à $0^{mm},9$, larges de $0^{mm},2$ à $0^{mm},28$, ovales, à ventouses globuleuses saillantes, larges de $0^{mm},12$ à $0^{mm},4$. Pharynx large de $0^{mm},9$ à $0^{mm},10$, intestin immédiatement divisé en arrière de lui; cavité excrétoire postérieure, en rapport avec un système de canaux vibratils qui s'ouvrent directement dans son intérieur.

Habitent le foie et l'intestin des *Limax agrestis* et *Arion rufus* (Rennes).

Dujardin croit que ces jeunes Dist. doivent acquérir leur développement ultérieur soit dans les petits mammifères (rats, lérots, musaraignes, etc.) qui

[1] Hist. nat. des Helm., p. 472. (1845.)
[2] Müller's Archiv, 1846, Pl. I, fig. 2.
[3] Dujardin. Hist. nat. des Helm., p. 472. (1845.)

mangent des limaces, soit dans les grenouilles. En effet, dans ces divers animaux, le même auteur a rencontré le *Dist. migrans* (Duj.) ou des variétés très-voisines, dont l'organisation rappelle entièrement celle des larves dont nous venons de parler.

C. Distomes longs de $0^{mm},38$ à $0^{mm},44$, à ventouses très-larges, et se recourbant fortement pour ramener en dessous l'orifice de la ventouse antérieure. Pharynx précédé et suivi d'un œsophage mince, qui se divise ensuite en deux branches courtes et épaisses. Extrémité postérieure amincie, contenant une cavité excrétoire contractile, s'ouvrant au dehors par l'orifice caudal. M. Dujardin a rencontré ces Distomes dans l'intestin de la *Limax cinerea*. (Rennes.)

On trouve aussi, dans quelques gasteropodes aquatiques, des Cercaires se développant normalement dans leurs Sporocystes, sans queue, comme les précédentes, et qui étant, par conséquent impropres à la vie aquatique, restent toujours dans les viscères de leurs hôtes, sans se développer, et sans jamais y arriver à l'état adulte. Ces espèces-là ne devant pas quitter le milieu dans lequel elles sont nées, il est évident que leur terme adulte doit se trouver particulièrement dans les animaux qui font leur proie des mollusques aquatiques, fait qui leur assigne, à l'état adulte, une distribution assez différente de celle des Distomides dont les Cercaires sont pourvues d'une queue.

15. *Cerc. Lymnæi auricularis.*[1] (Fil.) Tab. V, fig. 12.

Ovoïdes, allongées, à ventouses bien développées, téguments épineux. Pas traces de queue. Trouvées par M. de Filippi, enfermées en assez grand nombre dans des Sporocystes (§ **76,** 13), dans le *Lymn. auricularis*.

Nous devons indiquer encore deux formes dépourvues de queue, désignées pour cette raison sous le nom de *Distomes* et trouvées par Bær[2]; l'une :

A. Dans l'*Ancylus lacustris,* contenue, au nombre de huit environ, dans des Sporocystes sans vie (§ **76,** 18); l'autre :

B. Dans la *Physa fontinalis,* également dans des Sporocystes.

[1] Premier mém. p. serv., etc., p. 25. *Pl. II, f. 32.*
[2] Beit. zur Kennt. etc. L. C.

16. *Cerc. Buccini* (Nassa). *Mutabilis*[1] (Fil.).

Corps ovoïde, très-allongé, un peu atténué à ses deux extrémités, dont la postérieure est garnie d'un grand nombre de soies raides et immobiles. A l'extrémité antérieure se trouve un stylet buccal très-apparent.

Queue nulle. Ventouses bien distinctes, la ventrale un peu plus grande que la buccale.

Appareil digestif non développé.

Cavité excrétoire arrondie. Filippi figure deux vaisseaux latéraux flexueux, mais il ne les décrit pas.

Cette espèce est marine, et a été trouvée par M. de Filippi dans des Sporocystes (§ **76**, 19, et § **90**) habitant le *Buccinum mutabile*. (Golfe de Gênes.)

M. de Siebold a signalé, sans donner aucun détail, deux formes de Cercaires trouvées dans leurs Sporocystes et que nous indiquons ici. Ce sont les :

17. *Cerc. cycladis rivicolæ* (Sieb.)[2], habitant le foie de la *Cyclas rivicola*. — Et :

18. *Cerc. Tellinæ balticæ* (Sieb.)[2] marine ; dans l'ovaire de la *Tellina baltica*.

131.

II. Cercaires provenant des *Sporocystes cylindriformes*.

19. *Cerc. furcata*[3]. (Nitzch.) — *Vibrio malleus*[4]. (Müll.) — *Zirkelthier*[5]. (Eichhorn.) — *Cercaria VI*[6]. (Bær.) — *Malleolus furcatus*[7]. (Ehrenb.) — *Malleolus furcatus*[8]. (Dies.) — Non *Histrionella fissa*[9]. (Bory.)

Tab. VI, fig. 3.

Longueur 2^{mm}. Corps allongé, cylindrique. Queue plus longue que le corps, formée d'une portion simple, fixée à la partie postérieure du corps de la

[1] De Filippi. Deuxième mém. p. serv., etc., p. 17, *pl. II, fig. 17*.
[2] Müller's Archiv, 1837, p. 388.
[3] Beit. zur Infusorienkunde, p. 49, Tab. II, 12—18.
[4] Zool. Dan. Prod. 2457. — Verm. terr. fluv. : I, 1, 47. — Animalc. infus., 58, Tab. VIII, 78.
[5] Beit. zur Naturg. kl. Wass., 86, Tab. VII, U. X. Y. —
[6] Beit. z. Kennt. etc. (Nov. Act., etc., t. XIII, p. II, 627, XXXI, 6 *b*).
[7] Die Infusionsthiere etc., 465.
[8] Syst. Helm., I, p. 294.
[9] On rapporte fréquemment à la synonymie de cette espèce, l'*Histrionella fissa* de Bory S[t]-Vincent (Dict.

Cercaire par une de ses extrémités, et terminée par deux appendices divergents articulés sur elle, et distincts de sa substance. Ces appendices, assez allongés, se terminent en pointe, et sont susceptibles de se rapprocher ou de s'écarter l'un de l'autre, ensemble ou séparément, comme les pointes d'un compas: d'où le nom de *Zirkelthier* que Eichhorn a donné à cette espèce.

Cette bifurcation de la queue est un fait commun à toutes les Cercaires actuellement connues, habitant des Sporocystes en forme de cylindres allongés, et leur donne un aspect très-singulier.

Ventouse buccale, ronde; l'abdominale *(g)* saillante.

Appareil digestif, incomplètement observé par Bær, qui n'a pas pu distinguer la portion simple de l'intestin, ou l'œsophage, mais qui a bien vu ses deux branches latérales descendant jusque près de l'extrémité postérieure du corps. M. de la Vallette[1] n'indique pas d'intestin sur la figure qu'il donne de cette espèce.

Cette espèce a été trouvée par Nitzch à l'état libre dans l'oviducte du *Lymn. stagnalis*, et par Bær dans des Sporocystes (§ **76**, 14) qu'il a le premier fait connaître, dans le foie, le rein et le testicule de la *Paludina vivipara*.

Son développement est le même que celui des autres Cercaires, et commence par un gemme ovoïde (3, A), qui s'allonge, en poussant un petit prolongement (B) à une de ses extrémités; ce prolongement présente bientôt des traces d'une échancrure (C), dont chacun des lobes s'allonge toujours plus sans cesser d'abord d'être en continuité de tissu avec le reste de la queue; plus tard, ils s'en distinguent par une espèce d'articulation (D, E), lorsque la Cercaire est formée.

Bær signale, sans les décrire, plusieurs formes semblables à la *C. furcata*, et qu'il a rencontrées dans d'autres mollusques; l'une dans l'oviducte du *Lymn. stagnalis;* une autre ayant deux petits points foncés placés en ar-

class., t. VIII, p. 252), mais il suffit de regarder les figures qu'il en donne, pour se convaincre qu'il n'y a pas le moindre rapport entre l'H. fissa et la C. furcata. *L'Hist. fissa* a une queue simple, sétiforme, et c'est l'extrémité antérieure fort élargie de son corps qui est échancrée et lui a valu le nom de *fissa*.

[1] L. C, *Tab. II, J.*

rière[2] (probablement l'*ocellata* de M. de la Vallette), dans la *Palud. impura*; enfin une troisième contenue dans des Sporocystes, dans le *Planorbis corneus*.

20. *Cerc. gracilis*. (La Vall.[1].)

Corps allongé, un peu atténué antérieurement, bord postérieur tronqué et échancré dans le milieu, des deux côtés du pédicelle par lequel la queue tient au corps. Queue longue, formée d'une tige simple en continuité directe de tissu avec le corps, dans l'échancrure postérieure duquel elle est fixée, et se bifurquant à son extrémité libre en deux branches divergentes, un peu plus courtes qu'elle, et non articulées, mais également en continuité directe de tissu avec la tige.

Ventouse[2] antérieure terminale, allongée, ovoïde, peu développée; l'abdominale[3], ronde, placée au-delà du milieu du corps.

Appareil digestif formé d'une bouche terminale, d'un œsophage simple, offrant un faible renflement pharyngien[4], et immédiatement bifurqué en deux branches latérales assez longues[5].

Cavité excrétoire[6] postérieure transversale, de laquelle part un canal qui monte de chaque côté du corps, forme au-dessous et au-dessus de la ventouse un petit peloton[7], et continue à monter jusque vers le pharynx, où il se perd. Ce canal laisse apercevoir un mouvement vibratil.

Cette espèce a été observée par M. de la Vallette dans des Sporocystes (§ **96**) habitant le foie du *Planorbis corneus*. (Berlin.)

Elle se développe de gemmes formés d'un amas de cellules contenant des noyaux, et entourés d'une membrane. Ces gemmes se métamorphosent ensuite en Cercaires[8], comme nous l'avons vu pour la *C. furcata*.

L'ordre d'apparition des organes est le suivant: d'abord la queue sur le gemme encore ovoïde; quand la distinction entre le corps et la queue est définie, on voit paraître successivement la bouche et sa ventouse, le pharynx, l'œsophage et l'intestin, enfin l'appareil excréteur.

[1] Symb. ad Tremat., etc. L.C., p. 20, *Tab. I, fig. XIII*. — [2] *(XIII, 6, m)*. — [3] *(6, s)*. — [4] *(6, p)*. — [5] *(6, y)*. — [6] *(6, f)*. — [7] *(6 v)*. — [8] *(XIII, 1—6)*.

Rapp. et *diff*. — La *C. gracilis* est très-semblable à la *C. furcata,* dont elle se distingue principalement par les bifurcations de sa queue, qui sont en continuité directe tissu avec leur tige, au lieu d'être comme dans la *C. furcata* articulées sur elle.

21. *Cerc. fissicauda*[1]. (La Vall.)

Corps long de 0^{mm},13 à 0^{mm},23, large de 0^{mm},03 à 0^{mm},06, de forme cylindrique, un peu atténué aux deux extrémités.

Queue aussi longue que le corps, large à son insertion de 0^{mm},023, se bifurquant au milieu de sa longueur en deux branches divergentes, larges de 0^{mm},013.

Ventouse[2] buccale, large de 0^{mm},042, placée à l'extrémité antérieure du corps.

Ventouse[3] abdominale, large de 0^{mm},03, située un peu au-dessous du milieu.

Pas d'appareil digestif visible. Ouverture buccale, large de 0^{mm},009.

Appareil excréteur, au contraire, très-évident, formé d'une cavité postérieure[4], envoyant de chaque côté du corps, un vaisseau latéral[5] flexueux, qui remonte jusque vers la ventouse buccale, où il se replie,[6] et redescend en dehors de la branche montante[7], jusqu'à l'extrémité postérieure, en distribuant sur son trajet beaucoup de ramifications. M. de la Vallette a vu dans cette espèce plusieurs fois la cavité excrétoire envoyer deux ramifications[5] dans la queue même.

Trouvée par M. de la Vallette dans des Sporocystes (§ **97**) habitant le *Lymnæus stagnalis*. (Berlin.)

Rapp. et diff. La *C. fissicauda* se distingue de la *C. furcata* par les proportions relatives du corps et de la queue, égales dans la première, inégales dans la seconde; en effet, la *C. fissicauda* a une queue égale en longueur au corps, et dont les bifurcations sont égales à la moitié de la longueur totale de la queue, tandis que dans la *C. furcata,* la queue est beaucoup plus longue que le corps, et ses bifurcations égalent presque les trois quarts de sa longueur.

Elle diffère de la *C. gracilis,* par sa forme et ses proportions, par son organisation interne, et par l'absence des glomérules que forment sur leur trajet les canaux vasculaires de la *C. gracilis.*

[1] La Vallette. L. C., p. 21, *Tab. II, fig. VI, et H.* — [2] *(VI, m).* — [3] *(VI, s).* — [4] *(VI, f).* — [5] *(VI, g).* — [6] *(VI, p).* — [7] *(VI, g').*

22. *Cerc. Ocellata*[1]. (La Vall.)

Longueur totale, 0^{mm},99 à 1^{mm},23.

Corps long de 0^{mm},2 à 0^{mm},44 ; large de 0^{mm},05 à 0^{mm},1 ; cylindrique, atténué en avant, incolore, presque transparent.

Cette espèce est pourvue sur sa face dorsale, à environ 0^{mm},13 de l'extrémité antérieure, de deux ocelles[2], ayant de 0^{mm},01 à 0^{mm},066 de diamètre, placés sur une même ligne transversale, à 0^{mm},015 l'un de l'autre, et d'une couleur brun-rougeâtre.

Queue très-longue, large de 0^{mm},033, cylindrique, transparente et très-contractile, divisée à 0^{mm},08 de son insertion, en deux bifurcations longues de 0^{mm},3, larges de 0^{mm},016, bordées d'un étroit limbe membraneux,[3] et terminées par une pointe onguiculée[4].

Ventouse antérieure[5], large de 0^{mm},13 terminale ; l'abdominale[6], large de 0^{mm},0,33, placée un peu en arrière du milieu.

Appareil digestif douteux.

Appareil excréteur formé d'une cavité[7] postérieure, petite, probablement en rapport avec les deux canaux latéraux figurés par La Vallette, qui correspondent tout-à-fait à ceux décrits dans l'espèce précédente, mais dont dans celle-ci il n'a pas pu observer les terminaisons, l'interne[8] étant le vaisseau ascendant, l'externe[9], plus fin, le vaisseau descendant, muni de cils vibratils.

Les téguments de cette espèce sont composés de deux couches ; l'une externe, transparente ; l'autre interne, paraissant striée transversalement dans le corps, obliquement dans la queue.

La *C. ocellata* a été découverte par M. de la Vallette dans des Sporocystes (§ **98**) habitant le *Lymnæus stagnalis*. — C'est probablement l'espèce entrevue par Bær, qui la caractérise par les deux petits points foncés situés en arrière de l'extrémité antérieure.

D'après M. de la Vallette, cette Cercaire est d'une vivacité remarquable, et sa queue tombe après un certain temps. Ce fait, qui n'a lieu spontanément

[1] La Vallette. L. C., p. 22. — *Tab. II, fig. V.* — [2] *(Tab. II, fig. V, o).* — [3] *(V, c).* — [4] *(V, h).* — [5] *(V, m).* — [6] *(V, s).* — [7] *(V, f).* — [8] *(V, g).* — [9] *(V, g').* —

que dans les Cercaires à queue rudimentaire; dans quelques espèces non armées d'un spicule, habitant les mollusques acéphales *(C. duplicata, macrocerca);* et dans les Cercaires à queue double, constituerait, s'il était général à toutes les Cercaires à queue fourchue, encore un rapport de plus entre elles et ces dernières formes, vers lesquelles, comme nous l'avons vu, elles paraissent faire la transition des Cercaires ordinaires.

23. *Cerc. cristata*[1]. (La Vall.)

Longueur totale, $0^{mm},51$ à $0^{mm},57$.

Corps long de $0^{mm},13$ à $0^{mm},19$, large de $0^{mm},033$; cylindrique, atténué en avant; transparent; portant sur la ligne médiane, dans toute la longueur de la face dorsale, une lamelle[2] ou crête membraneuse verticale. Cette crête va s'élevant graduellement depuis les deux extrémités jusqu'au milieu du corps, où se trouve son maximum, $0^{mm},03$ de hauteur. Elle est plissée et comme dentelée dans sa longueur, de sorte que vue en dessus, on l'aperçoit comme une ligne ondulée sur le dos de la Cercaire.

Queue[3] cylindrique, longue de $0^{mm},39$; épaisse de $0^{mm},018$; bifurquée à $0^{mm},325$ de son insertion en deux branches[4] divergentes, longues de $0^{mm},065$ sur $0^{mm},006$ de large, bordées d'un étroit limbe membraneux[5] ayant $0^{mm},002$ de large, et terminées par une pointe onguiculée.

Ventouse antérieure[6] subterminale, placée un peu sur la face ventrale, portant la bouche.

Ventouse ventrale nulle.

Cette espèce a été trouvée par M. de la Vallette dans des Sporocystes (§ **99**) habitant le foie et le testicule du *Lymnæus stagnalis.*

Rapp. et *Diff.* — La *C. cristata* ne peut se confondre avec aucune des espèces précédentes, la présence d'une crête dorsale et l'absence de la ventouse abdominale; ce qui pourrait la faire regarder comme la larve d'un *Monostome,* la distinguent suffisamment.

[1] La Vallette. L. C., p. 23, *Tab. II, fig. K.* — [2] *(f. K, c).* — [3] *(K, t).* — [4] *(K, p).* — [5] *(f. K, s).* — [6] *(K, m).*

132.

III. Cercaires provenant des *Sporocystes tubuliformes.*

A. RAMIFIÉS.

24. *Cerc. polymorpha.* (*Bucephalus polymorphus*[1]. Bær.)

Tab. VI, fig. 11.

Longueur totale, 5^{mm} environ.

Corps long de 1^{mm} à 2^{mm}; ovale allongé, lancéolé, très-contractile, un peu aplati, transparent. Les parois en sont formées par une couche compacte, sur la face interne de laquelle se montrent des figures, résultant d'une structure cellulaire. On remarque constamment dans la partie antérieure du corps, un corpuscule rond et dur, se brisant en éclats par la compression, et qui paraît de nature calcaire. Ce corpuscule est quelquefois remplacé par un amas de petits granules foncés. (Vogt.)

Queue ou plutôt appendice caudal, long de 3^{mm} ou plus, formé de deux parties distinctes; l'une qui est fixée à la partie postérieure du corps, insérée un peu en arrière sur la face ventrale, et a la forme d'une masse très-volumineuse, composée de deux lobes en forme de pallettes courbées, plus ou moins nettement divisés (fig. 11 *l'*), mais toujours contigus et soudés par leur bord interne. Cette masse bilobée est d'autant plus volumineuse et opaque, que les individus sont plus âgés; dans les jeunes elle est plus transparente, et paraît avoir une structure cellulaire. Chacun des lobes de cet appendice postérieur porte un long filament atteignant quelquefois cinq fois la longueur du corps, de forme cylindrique, un peu renflé à son insertion, se terminant graduellement en pointe mousse, et dont la contractilité très-grande fait varier considérablement la longueur. Généralement plus transparents que le reste de l'appendice, ces filaments présentent, d'après Bær, des variations de structure que cet auteur décrit et figure avec détails, et qu'il serait trop long d'énumérer

[1] Beit. zur Kennt. etc. L. C., p. 570. pl. XXX, fig. 11—27.

ici. Il suffit de dire que ces filaments sont constamment animés de mouvements vermiformes très-prononcés, se contractant, s'allongeant et se tordant en tous sens, entraînant avec eux le corps de la Cercaire. Quelquefois, à la suite de ces tiraillements, les filaments se détachent de la larve, sans que cette séparation arrête leurs mouvements, que Bær a vu persister sur des filaments isolés, plus d'une demi-heure après leur chute.

A l'extrémité antérieure on remarque une ouverture découpée en quatre ou cinq lobes, sur lesquels se trouvent quelquefois des séries de petites granulations faisant saillie comme des fines dentelures, sur le bord externe des lobes qui paraissent constituer une espèce de ventouse. (Vogt.)

Au tiers postérieur du corps, on remarque une ventouse arrondie, ou ovoïde transversalement, cupuliforme, un peu saillante, et dont le bord externe est sinueux, comme lobé.

L'appareil digestif invisible, à l'exception peut-être du pharynx[1] ovoïde et musculaire, placé à l'extrémité antérieure et qui se continue avec l'orifice lobé placé en ce point, et dont nous venons de parler. (Vogt.)

Appareil excréteur formé par une grande cavité, que Bær avait prise pour une cavité stomacale, occupant toute la moitié postérieure du corps, contractile, et tapissée à sa face interne de granules à contours foncés et réfringents. (Vogt.)

M. Vogt a pu observer dans un individu de cette espèce, dont la queue était déjà tombée, deux petites portions de canaux placées de chaque côté du pharynx, dans l'épaisseur du parenchyme, et présentant un mouvement vibratil très-apparent, déterminant un courant d'avant en arrière ; une troisième place vibrante se trouvait placée transversalement derrière le pharynx.

La *C. polymorpha* habite dans ses Sporocystes (§ **77**, 20) le rein, le foie, l'ovaire et même le manteau de divers acéphales d'eau douce (*Anodontæ anatina* et *cellensis*, et *Unio pictorum*), où elle a été découverte par Bær.

[1] D'après de Siebold, l'ouverture buccale se trouverait au milieu de la face ventrale, comme dans le genre *Gasterostomum* des poissons ; ce serait alors la ventouse ventrale qui deviendrait la ventouse buccale, mais cette manière de voir nous paraît assez difficile à concilier avec l'existence du pharynx à l'extrémité antérieure, sa place ordinaire.

La *C. polymorpha* n'acquiert, dans ses Sporocystes, qu'un degré de développement assez peu avancé, de sorte que son organisation définitive est encore à connaître, ainsi que ses métamorphoses. Comme toutes les Cercaires que nous avons vues jusqu'à présent, elle naît de gemmes ovoïdes, contenus dans les renflements des Sporocystes.

D'après les observations de M. Vogt, ces derniers sont d'autant plus foncés et tapissés à l'intérieur de granulations noires, qu'ils contiennent des gemmes plus jeunes. Les gemmes sont formés par la réunion de cellules à contours très-distincts, pourvues d'un noyau, et dans l'intérieur desquelles on remarque un espace clair, sphérique, comprenant le noyau, et placé excentriquement à la cellule. Lorsque ces cellules se sont réunies pour former le gemme, elles s'enveloppent d'une membrane commune, et finissent par se fondre en une masse unique dans laquelle on distingue encore les noyaux et les granulations des cellules primitives. Une fois constitués, les gemmes s'accroissent en passant par diverses formes, analogues à celles que nous avons vues dans les Cercaires à queue bifurquée.

Ils commencent par s'allonger, poussent à une de leurs extrémités un petit prolongement, premier indice de la queue, au bout duquel on voit bientôt paraître deux petits tubercules qui s'allongent toujours plus, et d'abord en continuité de tissu avec le corps, finissent par s'en distinguer comme par une articulation. Quand le corps a atteint sa forme et ses dimensions, telles qu'il les conserve dans le Sporocyste, entre les prolongements encore épais et courts qui formeront les deux filaments caudaux de l'animal, et le corps, on voit paraitre la partie basilaire aplatie et bilobée dont nous avons parlé, et c'est alors que la Cercaire commence à manifester des mouvements. C'est à ce moment que Bær a vu le contenu des filaments se condenser quelquefois en petites masses sphériques libres, qui s'échappent et tombent au dehors, lorsque, par une cause quelconque, le filament qui les contient vient à être rompu. La signification de ce fait est encore inconnue, mais il est peu probable qu'il ait celle que lui a attribué Bær, qui regarde les filaments caudaux des Cercaires comme devenant les jeunes Sporocystes, se basant sur le fait que ceux-ci, comme les filaments caudaux, sont mobiles. Ces rapprochements, basés sur des

analogies d'apparence dues à l'insuffisance des moyens d'observation, notamment aux faibles grossissements dont se servaient les observateurs, et qui ne leur permettaient de juger que d'après la forme les corps qu'ils examinaient, ne peuvent être actuellement admis que lorsqu'ils auront reçu la sanction de nouvelles observations, faites dans de meilleures conditions et avec de meilleurs instruments, qui, s'adressant à la structure et à la composition élémentaire des tissus, signalent des différences considérables entre des corps qui, vus à l'œil nu ou avec de faibles moyens de grossissement, paraissent semblables ou identiques.

Les transformations ultérieures de la *C. polymorpha* ne sont pas connues, on sait seulement qu'au bout d'un certain temps, l'animal se sépare de son appendice caudal en entier, et qu'on le rencontre errant librement dans les tissus des mollusques qu'il habite. M. de Siebold[1] regarde la *C. polymorpha* comme la larve d'un *Gasterostomum*, genre de Distomide habitant les poissons, et caractérisé par la situation de l'ouverture buccale qui se trouve au milieu de la face ventrale du corps, disposition que cet auteur croit avoir reconnue aussi chez la Cercaire dont nous parlons.

Nous avons déjà signalé (p. 145) l'hypothèse de M. Van Beneden, qui regarde la *C. polymorpha* comme la nourrice du *Dist. duplicatum*, hypothèse peu admissible, car il résulte assez évidemment de tout ce qui précède que la *C. polymorpha* est en tous points comparable à toutes les autres Cercaires et ne peut avoir d'autre signification qu'elles; aussi, jusqu'à preuve du contraire, nous continuerons à regarder la *C. polymorpha* comme une Cercaire, dans le sens que nous attribuons à ce terme (correspondant à celui de Proglottis de M. Van Beneden), c'est-à-dire la forme larvaire d'un Distomide, forme produite par une nourrice et se développant dans son intérieur. La *C. polymorpha* n'est donc pas une nourrice, mais une larve, partant, nullement propre à produire des larves comme la *C. duplicata*, qui appartient à la série du développement d'une toute autre espèce.

[1] Anat. comparée (trad. fr.), t. I, p. 130, Note 6 (1849).

25. *Cerc. Haimeana*[1]. (*Bucephalus Haimeanus.* Lac.-Duth.)

Tab. VI, fig. 12.

Corps long de 1mm, conique, aplati, atténué en avant; téguments formés de deux couches, l'externe lisse, l'interne musculeuse, contractile, et déterminant par ses contractions des annelures à la surface du corps de l'animal. Le reste du parenchyme est granuleux, parsemé de noyaux et de vésicules indéterminées.

Queue longue de 3mm, et comme dans l'espèce précédente, composée d'une portion basilaire portant deux filaments très-allongés. La partie basilaire consiste en une lame épaisse à bords arrondis, et présentant trois lobes, deux latéraux externes, et un médian (fig. 12, *l'*) qui est replié sur lui-même sur la face ventrale, de façon à tourner sa convexité du côté du corps de l'animal.

Le tissu de cet organe, plus dense, plus foncé, et moins contractile que celui du corps, paraît avoir une structure cellulaire. Il est fortement rétréci à l'endroit de son insertion sur le bord postérieur du corps de la Cercaire.

Les filaments caudaux (*l''*) naissent de la partie dorsale des lobes de l'appendice basilaire, et près de la ligne médiane. Contractés, ils ont à peu près la longueur du corps, mais ils peuvent s'allonger énormément jusqu'à atteindre quatre à cinq fois leur longueur première, et sont remarquables par la vivacité avec laquelle ils s'agitent et se tordent en tous sens.

Ventouse antérieure (*a*) terminale, cupuliforme, portant la bouche, d'après Lacaze-Duthiers.

Au milieu du corps se trouve une éminence saillante, transversale, et portant un orifice en forme de boutonnière (*g*). Si les Cercaires *bucéphaloïdes* ont bien, comme le dit Siebold, l'orifice buccal au milieu de la face ventrale, ce qui les rattacherait aux formes adultes du genre *Gasterostomum*, ce serait là la vraie ventouse buccale, sur laquelle l'auteur ne porte du reste aucun jugement définitif.

L'appareil digestif serait, d'après Lacaze, composé d'un conduit rétréci (œsophage), mettant en communication la bouche terminale avec la grande cavité

[1] Lacaze-Duthiers. — *Sur le Bucéphale-Haime.* Ann. de Sc. nat. 4e série, t. I, p. 294. — *Tab. 6, fig. 1 - 3* (1854).

centrale, laquelle serait terminée en cul-de-sac du côté postérieur, et formerait par conséquent une cavité digestive simple. Cette interprétation nous paraît fautive, car l'auteur ne parle pas de la cavité excrétoire, qui est un des organes les plus constants dans les Trématodes, tant larvaires qu'adultes, et qui, comme nous l'avons vu dans le *C. polymorpha*, existe, et même avec un développement très-grand, dans les Cercaires à double queue. Il est donc très-probable que M. Lacaze-Duthiers a pris la cavité excrétoire en voie de formation, pour une cavité générale ou digestive, car les individus qu'il a examinés, encore dans leur Sporocyste, sont loin d'avoir atteint leur développement larvaire complet, comme on le reconnaît à l'inspection de ses figures. La cavité encore faiblement indiquée, que l'auteur prend pour le tube digestif, est d'autant moins susceptible de cette détermination, que dans ces Cercaires, comme dans presque toutes les autres, la cavité excrétoire précède de beaucoup la formation de l'appareil digestif. On rencontre en effet des *C. polymorpha* déjà très-avancées dans leur développement, dont la vaste cavité excrétoire très-apparente, occupe plus de la moitié du corps, sans qu'il y ait encore aucune trace d'intestin. Ces deux espèces sont assez voisines par toute leur organisation, pour qu'on puisse, sans trop d'invraisemblance, conclure de l'une à l'autre, en attendant des observations plus précises.

Espèce marine. Habite dans ses Sporocystes (§ **77**, 21), les organes génitaux des Huîtres (*Ostrea edulis*) et des Bucardes (*Cardium rusticum*). (Mahon. Cette, Etang de Thau), où elle a été découverte par M. Lacaze-Duthiers.

Rapp. et Diff. La *C. Haimeana* ne peut guère être distinguée de la *C. polymorpha* que par son habitat dans des mollusques marins.

La différence de forme de l'appendice *basilaire* caudal des deux espèces, qui est très-tranchée si on prend pour terme de comparaison la figure très-grossière donnée par Bær (et que, faute d'une meilleure, nous avons reproduite ici, fig. 11), s'efface par la connaissance plus exacte de la *C. polymorpha*, chez laquelle M. Vogt, dont nous avons cité les observations sur cette singulière espèce, a reconnu un appendice basilaire tout-à-fait analogue à celui que M. Lacaze décrit dans la *C. Haimeana*.

133.

B. SPOROCYSTES RÉUNIS ENTRE EUX A LEUR BASE.

26. *Cerc. exfoliata*[1]. (Dist. du *Leucochloridium paradoxum.*) Tab. VI, fig. 13, 14 (d'après des dessins inédits de M. le prof. Vogt.)

Corps[2], long de 0^{mm},500 à 0^{mm},583 ; large de 0^{mm}.350 à 0^{mm},366, ovoïde allongé ; placé, quand l'animal est bien developpé, au centre d'un sac ou kyste ovoïde (*m*), clos de toutes parts, à parois très-minces et parfaitement transparentes. Cette enveloppe, de grandeur très-variable suivant les individus, et d'autant plus petite que la Cercaire est plus jeune, se dilate toujours plus sous l'influence du liquide incolore qui la remplit et qui augmente avec la croissance de la Cercaire. Ses dimensions moyennes sont de 1^{mm},22 de long sur 0^{mm},75 de large. Nous aurons à revenir sur l'origine et la nature de ce kyste, dans lequel la Cercaire est suspendue par deux prolongements infundibuliformes partant de sa paroi interne, et fixés au centre des deux ventouses de la Cercaire.

Ventouses très-développées. L'antérieure (*a*) ayant 0^{mm},166 de diamètre, de forme oblongue, très-dilatable, et placée sur la face ventrale en arrière de l'extrémité antérieure.

Ventouse médiane (*g*), large de 0^{mm},133, ronde, nettement striée et très-dilatable comme la première, placée un peu au-delà du milieu.

Du fond de l'excavation de toutes les deux, part un tube épidermique qui rattache le corps de l'animal au kyste dont il est enveloppé.

Appareil digestif bien développé; bouche placée au fond de la ventouse antérieure; pharynx (*d*) globuleux, très-musculeux, placé immédiatement entre le bord inférieur de la ventouse buccale et la bifurcation de l'intestin, dont les branches, très-dilatées, vont se terminer près de l'extrémité postérieure.

[1] Nous donnons ce nom, qui rappelle une particularité remarquable de son organisation, à la Cercaire produite par le *Leucochloridium paradoxum*, forme dont nous avons déjà établi la signification comme sporocyste.

[2] Toutes les dimensions relatives à cette espèce ont été prises sur des individus conservés dans l'alcool, recueillis à Genève par M. Vogt sur un *Succinea amphibia*.

Cavité excrétoire (*h*) petite, transversale et bifurquée en deux branches divergeant latéralement, qui vont se rétrécissant graduellement pour se continuer chacune directement avec un canal fin et flexueux (*k*), pourvu de cils vibratils, et qui remonte sur le côté du corps, jusqu'au niveau de la ventouse antérieure, où il forme une anse en se repliant sur lui-même, et redescend parallèlement à sa première direction jusque vers la bifurcation de l'intestin.

Ce canal vibratil envoie à peu de distance de son origine un rameau interne dirigé sur la ventouse médiane, où on cesse de le voir.

Siebold[1] a constaté en outre la présence de canaux très-petits et ramifiés dans le parenchyme du corps, mais sans pouvoir déterminer leurs rapports avec les canaux vibratils.

On remarque encore chez les individus avancés dans leur développement, dans leur partie postérieure, trois corps arrondis, plus transparents que le reste du parenchyme; l'un, placé près de la ventouse médiane, sphérique; les deux autres, situés plus en arrière, un peu plus gros que le précédent, et réunis entre eux par un canal. Ce sont les rudiments de l'appareil générateur.

La *C. exfoliata* est produite dans des Sporocystes connus sous le nom de *Leucochloridium paradoxum* (Carus) (§ **78**, 22) découverts par Ahrens[2], bien étudiés pour la première fois par Carus[3] et plus récemment par de Siebold[1], auquel nous avons emprunté la plupart des faits que nous rappelons dans cette description.

C'est dans la partie dilatée des tubes sporocystiques, qui sont parasites de la cavité interne du *Succinea amphibia*, que se trouvent les Cercaires les plus développées.

C'est au contraire dans les tubes plus petits et encore inertes, que nous avons vus (§ **78**) réunis en une touffe sur le foie du mollusque, qu'il faut chercher les premiers degrés de l'évolution de la *C. exfoliata*, évolution qui,

[1] Ueber Leucoch. paradoxum. Siebold's und Kölliker's Zeitschrift. B. IV, p. 425, pl. XVI, B (1853).

[2] Mag. der Gesellsch. naturf. Freunde. — T. IX, p. 293, fig. 19 (1810).

[3] Nov. Act. Leop. C. L. Nat. Cur., t. XVII. pars I, p. 85, pl. 7 (1833).

quoique très-semblable à celle des autres espèces que nous avons vues précédemment, présente quelques particularités intéressantes à noter.

Leur première forme est celle de gemmes sphériques (*Keimkœrper*. Sieb.), toujours libres dans la cavité du tube qui les contient. Ces corps germinatifs, quoique très-nettement circonscrits, sont dépourvus de toute membrane enveloppante, et composés d'une agrégation de granules homogènes et transparents. Peu à peu ces gemmes s'allongent, deviennent ovoïdes, et on voit paraître à une de leurs extrémités (l'antérieure), ainsi que dans leur milieu, des contours arrondis qui ne tardent pas à prendre la forme et la structure de ventouses. Plus tard, apparaissent le pharynx, derrière la ventouse antérieure, et les deux branches de l'intestin. Lorsque la larve est arrivée dans la portion dilatée de son Sporocyste, soit qu'elle s'y trouve transportée par le fait de la croissance du petit tube dans lequel elle a parcouru les premières phases de son développement, soit qu'elle s'y transporte elle-même, en passant des petits tubes dans les pédicelles étroits des Sporocystes complets, et de là dans leur partie colorée et élargie, elle ne tarde pas à s'entourer de cette enveloppe transparente et très-extensible dont nous avons parlé plus haut, et qui ne manque chez aucun des individus qu'on rencontre dans la portion dilatée du Leucochloridium. Cette coque, que Siebold compare à celle que se construisent par sécrétiou de viscosité, la plupart des Cercaires aquatiques, a, chez l'espèce qui nous occupe, une origine toute différente. Elle se forme autour du corps de la Cercaire par une véritable exfoliation[1] de son épiderme, qui se soulève et s'écarte toujours plus de la périphérie de son corps, par l'interposition d'un liquide dont se remplit par endosmose, l'enveloppe ainsi détachée de l'animal. Le kyste, ainsi formé, et s'accroissant toujours, reste en connexion avec le corps de la larve par deux points sur lesquels l'épiderme ne s'exfolie pas, et qui sont les excavations centrales des deux ventouses, antérieure (a') et abdominale (g'), au moyen de deux prolongements ou tubes qui s'allongent à mesure que la paroi du kyste s'éloigne.

[1] C'est cette circonstance très-caractéristique qui nous a déterminé à appliquer à cette espèce le nom de *C. exfoliata*.

Ces tubes ont une forme d'entonnoir due à ce que l'épiderme de l'anneau musculeux de chaque ventouse se détachant comme le reste, laisse sur le kyste une empreinte de même grandeur que lui, tandis que le point d'insertion sur le corps de la larve est beaucoup plus étroit. Ces kystes, d'abord minces et très-transparents, s'épaississent plus tard, prennent alors une coloration jaunâtre, et paraissent formés de couches concentriques. (Siebold.)

La formation de ces coques caractérise l'état le plus avancé auquel les Cercaires puissent parvenir dans le milieu où elles sont nées, car dès ce moment elles ne présentent pas la moindre trace d'un développement progressif.

Ainsi suspendues dans un milieu liquide, et entourées d'une grande enveloppe, les jeunes larves sont incapables d'aucun mouvement, et attendent dans cet état que le moment de leur transmigration, passive comme elle l'est pour les autres Cercaires terrestres, soit arrivé. La formation toute spéciale de la coque de la *Cerc. exfoliata* peut donc bien, comme l'a fait Siebold, être comparée à l'enkystement des autres Cercaires, avec cette différence que celles-ci en général cherchent pour cet objet un autre milieu, tandis que la *C. exfoliata* reste dans son Sporocyste sans pouvoir en sortir.

Le terme adulte des transformations de la *C. exfoliata* n'a pas encore été déterminé. Quelques essais faits par M. de Siebold, qui a fait avaler à des grenouilles des kystes de cette espèce, ainsi que des nourrices, n'ont donné aucun résultat, et cet auteur croit qu'on doit regarder comme la forme adulte probable de la *C. exfoliata*, le *Dist. holostomum* des Rallides[1], qui lui ressemble beaucoup par sa forme et son organisation. Les analogies des deux formes ont dans ce cas d'autant plus de valeur, que la Cercaire arrive, comme nous l'avons vu, à un haut degré de développement, et aussi près de l'état adulte que cela est possible, à la taille et aux organes génitaux près. L'habitat de la Cercaire fournit encore un fait à l'appui de ce rapprochement, car les Succinés habitent les lieux humides, les bords des rivières, lieux spécialement fréquentés par les Rallides, qui se nourrissent précisément de mollusques, vers, insectes, etc.

[1] *Rallus aquaticus.* — *Gallinulæ porzana* et *chloropus.*

134.

IV. Cercaires provenant des *Rédies processigères.*

27. *Cerc. echinata*[1]. (Sieb.) — *Cerc. VII*[2]. (Bær.) — *Cerc. fallax*[3]. (Dies.) — *Cerc. echinata?* (Steenst.) Tab. VI, fig. 7.

Corps allongé, cylindrique, échancré postérieurement à l'insertion de la queue. Extrémité antérieure élargie, distincte du reste du corps, échancrée sur le côté ventral dans sa partie médiane, et garnie sur son pourtour d'une grande quantité d'épines placées alternativement plus près et plus loin du bord externe, et formant ainsi deux couronnes, dont une plus extérieure que l'autre. Ces épines, de forme triangulaire, sont tournées la pointe en dehors.

Queue (*l*) de la longueur du corps, assez large, terminée en pointe effilée, très-contractile, et à bords dentelés par l'effet de ses contractions. On y distingue deux parties. Une couche externe épidermique, très-transparente, inerte, et se plissant sous l'influence des contractions de la couche sous-jacente. Celle-ci, très-musculaire et qui forme la plus grande masse de la queue, est composée, de dehors en dedans, d'une couche striée transversalement, et d'une portion centrale cylindrique, striée longitudinalement, au milieu de laquelle on remarque un tube mince, terminé en pointe effilée vers l'extrémité de la queue. (Steenstrup.)

Ventouse buccale (*a*) située au centre de la collerette, tout-à-fait à l'extrémité antérieure du corps.

Ventouse ventrale (*g*), grande, nettement striée, située un peu au-delà du milieu du corps, à excavation souvent de forme triangulaire.

Appareil digestif formé d'une bouche (*a*), placée au centre de la ventouse antérieure, suivie d'un pharynx (*b*) peu musculeux se continuant avec un long œso-

[1] Siebold. Physiologie de Burdach, t. III (tr. franç.) (1838).
[2] Bær. L. C., p. 629, pl. XXXI, 7, *b* (1826).
[3] Systema Helminthum. L. C. (1850).

phage (*e*), qui se bifurque, immédiatement au-devant de la ventouse abdominale, en deux branches (*e'*) qui contournent celle-ci et se terminent en cœcums près de l'extrémité postérieure. Ces deux branches du canal digestif ont été, probablement en raison de l'apparence vésiculiforme de leur contenu, prises par Steenstrup pour des organes hépatiques formés de vésicules, qui lui masquaient la continuation de l'intestin, dont il n'a pu voir que l'œsophage.

Appareil excréteur placé comme toujours à l'extrémité postérieure du corps, consistant en une cavité contractile (*h*) ayant de $0^{mm},05$ à $0^{mm},33$, de laquelle partent deux branches qui montent latéralement, passent de chaque côté de la ventouse et s'avancent jusqu'au bord de la collerette, et dans lesquelles se trouvent des globules réfringents. Ces deux branches se continuent avec un canal plus fin, qui se replie en anse de chaque côté du pharynx et redescend en émettant des ramifications. Ce canal présente un mouvement vibratil, déjà très-apparent dans les Cercaires avancées, mais encore plus visible quand elles sont enkystées.

Cette disposition des différentes parties de l'appareil excréteur, particulièrement évidente dans les jeunes Distomes extraits des kystes de cette espèce, a échappé en partie à Steenstrup. Dans sa figure de la *C. echinata* (reproduite ici tab. VI, fig. 7), il n'a représenté que la partie supérieure des deux branches de la cavité excrétoire (*h*), facilement reconnaissables à leur contenu sous forme de concrétions calcaires très-réfringentes, et leur continuation avec le commencement du canal vibratil (*k*) qui se replie bientôt sur lui-même pour redescendre le long des côtés du corps, comme l'a fort bien vu M. de la Vallette[1].

La *C. echinata* a été trouvée soit dans ses Rédies dans les viscères des *Lymn. stagnalis*, *Planorbis corneus* (Steenst.), *Palud. vivipara* (Bær), soit libre dans l'eau, nageant autour de ces mollusques, et fourmillant au point de former des nuages blanchâtres très-visibles ; fréquemment Steenstrup les a vues rampant au moyen de leurs ventouses sur la peau même des mollusques. C'est dans les mois chauds de l'été qu'on rencontre la *C. echinata* libre dans l'eau.

[1] L. C., p. 16.

Cette espèce prend naissance en nombre variable dans les Rédies découvertes par Bojanus et décrites par lui sous le nom de *Vers jaunes* (§ **79**, 1, p. 92 et § **91**).

Son développement commence, comme celui de toutes les espèces que nous avons vues jusqu'ici, par des gemmes sphériques qui se métamorphosent et prennent finalement la forme de Cercaires ; pendant le cours de cette évolution apparaissent successivement les ventouses, l'appareil digestif, l'appareil excréteur, enfin la collerette et sa bordure d'épines.

C'est aux persévérantes et laborieuses recherches de Steenstrup que nous devons la connaissance des phénomènes curieux dont la *Cerc. echinata* devient le siége, après sa sortie des Sporocystes et son arrivée dans l'eau ; analogues à ceux que ce savant observateur avait également constatés dans la *C. armata*, comme nous l'avons vu en parlant de cette espèce (§ **130**, 2, p. 149).

Nous avons dit plus haut que Steenstrup avait observé sur les mollusques entourés d'un essaim prodigieux de Cercaires nageant dans l'eau ambiante, quelques-uns de ces petits animaux rampant sur la surface de leur corps. En suivant ceux-ci, on les voit bientôt faire de violents efforts pour pénétrer dans la peau du mollusque, dans laquelle, au bout de peu de temps, ils finissent par s'enfoncer et disparaître. Pendant les contractions énergiques auxquelles ils se livrent pour se frayer un chemin au travers de la peau, leur queue se détache et est projetée au loin, et le corps de la Cercaire pénètre seul dans le tissu, après s'être ainsi débarrassé de son organe locomoteur aquatique. Une fois enterrée dans le tissu qui lui convient, la Cercaire sécrète par toute sa surface une abondante mucosité, elle se contracte en boule et se livre à un mouvement de rotation sur elle-même, qui a pour effet de creuser une cavité sphérique dans la masse visqueuse dont elle s'est entourée, laquelle s'épaissit toujours plus, se coagule et finit par former autour de l'animal une coque transparente, élastique et très-résistante, vraie chrysalide dans laquelle la Cercaire, tout en subissant dans son organisation quelques perfectionnements qui la rapprochent un peu plus de l'état parfait, attend la réalisation des conditions favorables à son développement ultérieur.

Ces coques ou kystes se trouvent en assez grand nombre, d'après Steenstrup, dans la peau des mollusques. Toutes les Cercaires qui pour une raison ou une autre n'ont pas pu arriver au dehors dans le milieu ambiant, mais sont restées

captives dans les cavités naturelles des mollusques, s'enkystent de la même manière sur les parois de celles-ci, particulièrement sur l'oreillette du cœur, où on trouve fréquemment leurs kystes entassés au point qu'il est difficile de comprendre comment le jeu de cet organe n'est pas gêné ou même supprimé par un pareil amas de corps étrangers.

Steenstrup a même vu de ces *C. echinata* poussées par un besoin irrésistible de s'enkyster, sécréter leur viscosité et se construire leur coque sous le microscope, sur la plaque de verre sur laquelle il les observait.

La durée de l'enkystement de la *C. echinata* peut, si les circonstances qui doivent déterminer son développement définitif, c'est-à-dire le passage dans l'intestin d'un vertébré, ne se présentent pas, se prolonger considérablement, mais pas indéfiniment. Steenstrup a vu les jeunes Distomes enkystés dès l'été précédent, sortir de leurs kystes dans le mois de janvier, c'est-à-dire environ six mois après leur enkystement, et les a pris pour le terme final du développement de la *C. echinata*, sous le nom de *Dist. pacifica*. Cette interprétation est tout-à-fait inexacte, car les jeunes Distomes qu'on peut faire sortir de leur kyste par compression, ou qui finissent par en sortir d'eux-mêmes si leur captivité se prolonge, ne sont encore que le corps de la Cercaire, très-peu modifié, et très-loin de l'état d'adulte. En effet, tant que l'animal est enkysté, il ne se développe pas, son organisation reste la même, sa taille seule augmente un peu, et les organes qui chez la larve pouvaient être encore rudimentaires, s'achèvent (intestin, etc.), mais jamais il n'arrive à l'état adulte, caractérisé par le développement des organes génitaux. Le *Dist. pacifica* de Steenstrup, soit le contenu des kystes formés par la C. *echinata*, n'est point encore un vrai Distome, c'est un *Distome asexuel* arrêté dans son développement, mais qui continue à vivre dans le milieu où il est né, où il a pu vivre et se développer comme Cercaire, et qui par conséquent ne lui est pas mortel, mais ne lui fournit pas les matériaux nécessaires pour aller plus loin et arriver à l'état adulte. On ne connaît en effet jusqu'à présent aucun Distomide adulte chez les invertébrés. Ces jeunes Distomes, sortis de leur kyste, meurent au bout de peu de temps, car vivant dans un milieu qui sans les tuer ne leur offre pas les conditions nécessaires à leur développement complet, ils n'avancent pas en organisation, restent stationnaires, et ne peuvent que dépérir.

Ceci explique les modifications que Steenstrup a observées et signalées dans ses Distomes sortis de leurs kystes, et qui l'ont conduit à regarder comme le dernier terme du développement de la *C. echinata*, un Distome altéré et en voie de désorganisation. En effet, dans les mois d'hiver, il rencontra dans les tissus (surtout sous la peau) des mollusques (*L. stagnalis*, etc.) de petits Distomes libres tous semblables à ceux qui se trouvaient encore dans leurs kystes, et qu'il en faisait sortir artificiellement par la compression, c'est-à-dire caractérisés par leur extrémité antérieure garnie d'une collerette bordée d'épines et échancrée sur la face ventrale (Tab. VII, fig. 17), et dont les contractions énergiques témoignaient de la vitalité. Parmi ces Distomes libres, quelques-uns avaient en tout ou partie perdu leurs spicules, leur collerette était rapetissée, leur ventouse ventrale avait perdu sa forme en cupule, et paraissait en voie d'atrophie. L'intestin était très-dilaté.

Plus tard, dans le courant de l'été, Steenstrup trouva des Distomes déjà très-modifiés dans le foie du *L. stagnalis*, jusque dans le dernier tour de spire de la coquille, qui se distinguaient des précédents surtout par leur immobilité et l'homogénéité de leur parenchyme, dans lequel on ne pouvait plus distinguer les stries musculaires longitudinales et transversales, très-évidentes dans ceux qu'il avait trouvés au printemps sous la peau des mollusques. Les ventouses s'étaient considérablement réduites. Ceci montre que chez les Distomes sortis de leurs kystes depuis un certain temps (hiver), ce qu'on peut inférer de leur situation très-éloignée du point d'où ils étaient partis, puisque Steenstrup les a trouvés dans les portions du foie occupant les derniers tours de spire de la coquille, il y a eu non-seulement arrêt de développement, mais même développement rétrograde.

En effet, d'après cet auteur, le premier pas vers l'état adulte, c'est-à-dire une forme plus parfaite, serait caractérisé par l'atrophie de la collerette et la chute de sa bordure épineuse, c'est-à-dire la disparition des organes qui viennent à peine d'être formés et qui, pendant l'enkystement, achèvent seulement leur développement. C'est d'autant moins vraisemblable qu'il existe un groupe de Distomes (Echinostomes) adultes, aussi caractérisés par une collerette épineuse semblable, groupe dans lequel des recherches récentes ont trouvé précisément la forme adulte de la *C. echinata*. La chute des épines ne peut donc être le résultat d'un dé-

veloppement progressif. L'immobilité, la disparition de la structure du corps, l'atrophie des ventouses, enfin la dilatation inaccoutumée de l'intestin, sont autant de faits qui indiquent une dégradation de l'organisation, une destruction lente et en quelque sorte par un état maladif occasionné par la nature du milieu, insuffisant mais non mortel, dans lequel le jeune Distome est placé.

L'éclosion des kystes dans les mollusques où ils ont été formés, n'est donc pas un fait normal et surtout ne doit pas être regardée comme le dernier terme du développement de la *C. echinata*, mais elle est la conséquence inévitable d'une durée trop prolongée de l'état d'enkystement. En effet, le corps de la Cercaire, comme nous l'avons dit, prend toujours un accroissement notable dans le kyste, preuve qu'il peut lui arriver par endosmose des matériaux du dehors puisés dans les tissus ambiants. Cet accroissement entraîne la distension du kyste, partant l'amincissement et l'affaiblissement de ses parois, d'où sa facile rupture, lorsqu'au bout de quelque temps de captivité, le jeune Distome, par ses contractions répétées et toujours plus énergiques, semble chercher à se dégager de son étroite prison. Le kyste déchiré, le Distome se trouve libre dans les tissus du mollusque, probablement tout aussi apte à devenir adulte, si à ce moment il était transporté dans le milieu convenable, que ceux qui sont encore dans leurs kystes ; mais qui, si ce changement n'a pas lieu, ne peut que végéter quelque temps pour périr comme nous venons de le voir.

Les Distomes altérés et en voie de décomposition que Steenstrup a pris pour le terme adulte de la *C. echinata* et qu'il a nommés *Dist. pacifica*, ont été regardés par Siebold comme n'appartenant pas à la série de développement de la *C. echinata*, et comme devant être différents des *D. pacifica* récemment sortis du kyste. D'après ce qui précède, on voit que ce sont bien des *D. pacifica*, mais des Distomes détournés de leur vraie destination, fourvoyés, et qui, sous ce point de vue, ne font effectivement pas partie de la véritable série de développement de la *C. echinata*, et surtout n'en sont pas la forme adulte.

Celle-ci a été déterminée dans ces derniers temps par M. Van Beneden[1], qui a

[1] Quatrefages. Rapport, etc., p. 25.

pu suivre le développement de la *C. echinata* enkystée, et l'a vue devenir le *Dist. militare* des oiseaux de marais, forme appartenant au sous-genre Echinostome, caractérisé par sa collerette échancrée et sa couronne d'épines.

Plus récemment, M. de la Vallette[1] a annoncé comme forme adulte de la *C. echinata*, le *Dist. echinatum* des canards. Ce désaccord entre ces deux auteurs n'est peut-être qu'apparent, parce que la plupart des espèces d'echinostomes sont encore mal déterminées, et que probablement plusieurs d'entre elles ne sont que des variétés locales d'une même espèce.

Il est encore possible que l'erreur de détermination porte sur la Cercaire plutôt que sur l'adulte, car celle observée et suivie par Van Beneden provient de la *Palud. vivipara* qui, jusqu'à présent, n'a présenté aux observateurs que la *C. echinatoïdes* (Fil.), et presque jamais la *C. echinata*. Il est d'autant plus probable que Van Beneden a observé la *C. echinatoïdes* (qui à l'époque de son travail n'avait pas encore été décrite), que dans la description très-courte que donne de sa Rédie M. de Quatrefages, nous trouvons son appareil digestif qualifié de *tube*, terme qui s'applique mieux à l'intestin de la Rédie de la *C. echinatoïdes* qu'à celui de la Rédie de la *C. echinata*, où il affecte plutôt la forme d'un *sac* Ces deux formes larvaires étant distinctes quoique très-voisines, il n'y aurait alors rien d'étonnant à ce que leurs formes adultes fussent différentes ; l'une, *C. echinatoïdes* devenant le *D. militare ;* l'autre, la *C. echinata*, le *D. echinatum*.

M. de la Vallette[2] signale deux Cercaires très-voisines de la *C. echinata*, mais qui sont trop peu caractérisées pour en être distinguées d'une manière certaine. L'une (N° III), habitant le *Lymnæus stagnalis*, ne diffère de la *C. echinata* que par l'absence constante du tube digestif qui, dans l'*echinata*, est toujours très-apparent. L'autre (N° IV), trouvée dans le même mollusque, a le bord externe de sa ventouse médiane dentelé, mais se distingue surtout par la forme de sa Rédie (§ **100**), assez différente de celle de la *C. echinata*.

[1] Symbolæ ad Tremat., etc., p. 32.
[2] L. C., p. 17.

28. *Cerc. echinatoïdes*[1] (Fil.). — *Cerc. echinifera*[2] (La Vallette).
Tab. VI, fig. 6.

Longueur totale, 0mm,07 à 1mm,1.

Corps long de 0mm,19 à 0mm,58, large de 0mm,05 à 0mm,26, un peu aplati, tantôt elliptique, tantôt cylindrique, demi-transparent, élargi antérieurement en une collerette distincte du reste du corps, échancrée du côté ventral, et garnie à sa périphérie d'une couronne d'épines longues de 0mm,003 à 0mm,013. Sur le côté ventral de la collerette, des deux côtés de l'échancrure, se trouvent deux faisceaux d'épines plus grandes, ayant 0mm,016 de longueur. La substance du corps est formée de cellules contenant des noyaux.

Queue longue de 0mm,520, large de 0mm,065, cylindrique, atténuée à son extrémité, munie de deux bords membraneux, transparents; très-contractile.

Ventouse buccale, presque terminale, placée au centre de la collerette, large de 0mm,026 à 0mm,033. — Ventouse abdominale, large de 0mm,059, triangulaire, striée.

Appareil digestif bien distinct, bouche placée au fond de la ventouse buccale, suivie d'un pharynx nettement strié, se continuant avec un long œsophage qui, comme dans la *C. echinata*, se bifurque immédiatement, au-dessus de la ventouse médiane, en deux branches terminées en cœcums, près de l'extrémité postérieure.

Appareil excréteur (comme dans la *C. echinata*), consistant en une cavité postérieure contractile, se bifurquant en deux tubes contractils qui remontent sur les côtés du corps jusqu'au-dessus de la ventouse, où ils se continuent chacun avec un canal vibratil qui, sur les côtés du pharynx, forme une anse et redescend. Les deux branches larges de la cavité excrétoire, renferment ordinairement dans leur partie supérieure (au-dessus de la ventouse médiane), des concrétions calcaires réfringentes, qui seules indiquent le trajet du canal qui les contient, et dont l'état de contraction habituel fait disparaître les parois.

[1] Filippi. Premier mém., etc., p. 14, *Tab. II, fig. 21—24*.
[2] La Vallette. L. C. p. 14, *Tab. I, fig. C—F*.

Cette contraction des branches de la cavité excrétoire, qui paraît constante dans la larve libre, cesse dès que l'animal est enkysté et dans l'état de repos; elles sont alors largement dilatées et très-visibles. C'est pour cette raison que dans les Cercaires, Filippi et La Vallette n'ont pu saisir les rapports des deux branches latérales avec la cavité excrétoire même, et n'ont l'un et l'autre figuré que leur partie supérieure, où les concrétions calcaires paraissent se rassembler.

Quoique la *C. echinifera* de M. de la Vallette paraisse être identique à la *C. echinatoïdes* de M. de Filippi, il est une divergence entre les descriptions faites par ces deux auteurs de la partie antérieure du corps de leurs Cercaires respectives, et que nous devons signaler.

D'après M. de Filippi, les Cercaires développées n'ont pas de collerette épineuse, mais des épines rudimentaires autour de la ventouse buccale, la collerette et ses épines ne se développant que plus tard, et avec une extrême rapidité, dans les kystes. D'après les descriptions et les figures de M. de la Vallette, la collerette ainsi que ses épines sont déjà formées dans la Cercaire libre, quoique beaucoup moins développées que dans les individus enkystés, où ces organes prennent promptement un très-grand accroissement.

M. de Filippi a également constaté la structure cellulaire du corps de la *C. echinatoïdes*, à la surface duquel on aperçoit des cellules qu'il nomme *kystogènes*, admettant qu'elles ont pour usage de sécréter la viscosité dont la Cercaire fait son kyste.

La *C. echinatoïdes* a été trouvée à différents états, dans sa Rédie (§ **79**, 2, et § **92**) habitant la *Palud. vivipara*, par M. Filippi, qui la fit le premier connaître. M. de la Vallette décrivit de son côté une Cercaire nouvelle qu'il nomma C. *echinifera*, et que plus tard, lorsqu'il eût eu connaissance du travail de M. de Filippi, il reconnut être identique à la C. *echinatoïdes* de cet auteur. C'est pourquoi nous les avons réunies ici.

Rapp. et Diff. La C. *echinatoïdes*, très-voisine de la C. *echinata*, avec laquelle elle a peut-être été quelquefois confondue, en diffère principalement par les deux faisceaux de grandes épines placés sur les côtés de l'échancrure ventrale de sa

collerette, et par le limbe membraneux qui borde sa queue, qui manquent chez la *C. echinata*, enfin par le nombre des épines qui entourent sa collerette, qui est, d'après La Vallette, de 40 ou plus pour l'*echinifera*, et de 36 pour l'*echinata*.

Enkystement. La *C. echinatoïdes* arrivée au-dehors après sa sortie de sa Rédie, s'enkyste très-promptement, et on trouve en grand nombre les kystes de cette espèce sur les parois de l'utérus ainsi que sur l'oreillette du cœur des Paludines, comme Steenstrup l'a observé aussi pour la *C. echinata*.

Ces kystes, signalés aussi par La Vallette sur les Paludines, peuvent rester très-longtemps sans modification. Dans les localités habitées par des Paludines infestées, il est rare d'en trouver qui ne renferment pas un amas plus ou moins volumineux de ces kystes sur l'oreillette ; c'est ce que Filippi a constaté le premier, et ce que j'ai pu vérifier sur un certain nombre de ces mollusques provenant du lac Varèze, et envoyées par M. de Filippi à M. Vogt, qui a bien voulu les mettre à ma disposition.

Kystes. (Tab. VII, fig. 5, 6.) Diamètre variant entre $0^{mm},16$ et $0^{mm},23$, en moyenne $0^{mm},195$; tout-à-fait sphériques, transparents, jaunâtres à la lumière directe, très-résistants, de consistance cartilagineuse, plus pesants que l'eau.

On y distingue deux enveloppes. La première, la plus extérieure, très-mince et délicate, visible au microscope comme un trait très-fin (*m*), se déchire très-facilement lorsqu'on comprime le kyste. La seconde enveloppe (*m'*), renfermée dans la précédente, et dont le diamètre est un peu plus petit de $0^{mm},01$ environ que celui du kyste entier, est formée d'une membrane ayant environ $0^{mm},010$ à $0^{mm},015$ d'épaisseur, très-transparente, jaunâtre, réfractant fortement la lumière, très-dense, et élastique. Son élasticité est telle, qu'il faut une très-forte compression pour en déterminer la rupture, le kyste s'aplatit et se distend considérablement avant de se déchirer, et reprend sa forme sphérique première (fig. 6) aussitôt qu'on cesse la compression. La substance de cette coque présente des stries très-fines circulaires, qui lui donnent un aspect fibroïde. L'acide acétique ne l'attaque que très à la longue ; sous son influence elle finit par se gonfler et se ramollir, mais sans se dissoudre.

L'action de l'acide se fait cependant immédiatement sentir sur l'animal contenu dans le kyste, car on voit les corpuscules calcaires de son appareil excréteur se dis-

soudre et ses épines se gonfler et se ramollir, ce qui prouve que l'acide traverse par endosmose la membrane du kyste. La potasse caustique attaque celle-ci plus promptement qne l'acide acétique, mais pas immédiatement. Elle pénètre également par endosmose au travers des parois du kyste.

La putréfaction n'a aucune action sur l'enveloppe des kystes ; placés dans l'eau, ceux-ci résistent indéfiniment, et peuvent conserver vivants pendant une quinzaine de jours les Distomes qu'ils contiennent. Ceux-ci sont contractés en une masse ovoïde elle-même repliée en deux. Leur extrémité antérieure est facilement reconnaissable à la double couronne d'épines (*c*) entourant la collerette, et surtout aux deux faisceaux latéraux formés chacun de quatre fortes épines (*c'*), placés des deux côtés de l'échancrure ventrale de la collerette, que nous avons déjà reconnus chez la Cercaire. On aperçoit quelquefois au centre de la collerette, la ventouse buccale, un peu au-dessous le pharynx (*d*) et le commencement de l'œsophage. A peu près au point où le corps est replié sur lui-même on aperçoit par transparence, dans la profondeur des tissus, la ventouse ventrale (*g*), très-distinctement striée et fortement concave. Toute la partie postérieure du corps du Distome, placée au-dessous de l'antérieure par suite de la position de l'animal dans son kyste, se distingue par transparence dans la profondeur des tissus; pour la voir distinctement, il suffit de faire tourner le kyste sur lui-même jusqu'à ce qu'elle se trouve au-dessus de la partie antérieure. On voit alors la cavité postérieure (*h*) et ses deux branches (*h'*) latérales, largement dilatées et remontant de part et d'autre de la ventouse médiane, au-dessus de laquelle leur calibre diminue, et on cesse de les voir au point de flexion du corps. Les corpuscules réfringents (*h''*) qui sont contenus dans cette partie de l'appareil excréteur sont très-visibles, et se meuvent librement dans leurs tubes sous l'influence des contractions du tissu ambiant.

Sur les côtés des deux branches de cet appareil on aperçoit par moments des portions peu étendues de canaux vibratils (*k*), dans lesquelles le mouvement des cils est très-évident.

Du reste, pour bien examiner l'organisation des jeunes Distomes, dont on ne peut se faire qu'une idée très-imparfaite au travers des parois de leur kyste, il faut les en faire sortir par la compression. Il est vrai que la tenacité des kystes est telle qu'on obtient difficilement par ce procédé des individus en bon état, car le plus

souvent le kyste résistant longtemps avant de se déchirer, et s'étendant sous le compresseur, le Distome inclus se trouve alors écrasé, et sort en plusieurs fragments plus ou moins altérés. Cependant, sur la quantité, on rencontre quelquefois des kystes moins résistants, desquels on peut faire sortir, par une compression brusque et aussitôt interrompue, des Distomes presque intacts, d'après lesquels on peut aisément se rendre compte des changements survenus pendant l'enkystement, comme le montre celui que nous avons figuré Tab. VII, fig. 7.

Ce Distome, long de $0^{mm},65$ à $0^{mm},70$, de forme à peu près cylindrique, présente antérieurement un élargissement en forme de collerette, ayant $0^{mm},185$ de diamètre ; plus étroit dans sa partie postérieure, où il n'a que $0^{mm},08$ de large. — La collerette antérieure déborde le corps de tous côtés, surtout du côté ventral, dans la ligne médiane duquel elle présente une forte échancrure, au-dessus de laquelle se trouve la ventouse buccale. La périphérie de la collerette est armée d'une double couronne d'épines (*c*), l'une plus extérieure, dont les pointes débordent la collerette, l'autre plus intérieure, alternant avec la première. Ces épines ont de $0^{mm},013$ à $0^{mm},015$ de long (fig. 9), et sont en forme de coin.

Chacun des deux lobes de la collerette qui bordent son échancrure médiane, porte un faisceau de quatre grandes épines juxtaposées, dont les pointes sont tournées en bas et un peu en dedans vers la ligne médiane. Ces épines (fig. 8) ont $0^{mm},40$ de long sur $0^{mm},008$ de large à leur base, et la même forme que les précédentes. Les unes et les autres sont formées d'une substance cornée, jaunâtre, à contours très-nets et foncés, très-réfringente, qui se gonfle et se ramollit dans l'acide acétique et la potasse caustique, sans s'y dissoudre.

Toute la partie antérieure du corps, comprise entre la collerette et le centre de la ventouse médiane, est couverte de très-petites épines en forme de lamelles aiguës.

Ventouse buccale placée au centre de la collerette, et large de $0^{mm},05$.

Ventouse ventrale, grande, large de $0^{mm},115$, placée un peu en arrière du milieu du corps, ronde, son excavation triangulaire. Toutes deux sont nettement striées.

L'appareil digestif, à l'exception du pharynx (*d*) et du commencement de l'œsophage, n'est jamais visible dans les jeunes Distomes ainsi artificiellement expulsés

de leur kyste, car la compression, ainsi que tout contact extérieur, détermine à l'instant la contraction complète de toutes les cavités du corps de l'animal, et l'intestin n'ayant pas, comme la cavité excrétoire, un contenu solide qui puisse indiquer son trajet, devient tout-à-fait invisible. Il existe cependant, puisqu'il est déjà développé dans la Cercaire ; Filippi l'a d'ailleurs parfaitement constaté dans des Distomes de cette espèce, sortis naturellement de leurs kystes dans l'intestin des grenouilles.

Il en serait de la cavité excrétoire et de ses ramifications comme de l'intestin, si la présence des nombreux corpuscules calcaires qui s'y trouvent ne continuaient à marquer tant la cavité que ses deux branches, si évidentes par elles-mêmes dans les Distomes encore dans leurs kystes, mais qui, sans cette circonstance, disparaîtraient complètement. C'est donc par les corpuscules réfringents (*h''*) qu'on peut constater la situation de l'appareil excréteur, composé d'une cavité postérieure (*h''*) communiquant à l'extérieur par un canal plus étroit, et se bifurquant supérieurement en deux rameaux qui remontent latéralement, mais disparaissent au niveau de la ventouse médiane. Nous avons vu que dans les Cercaires ces deux rameaux se prolongent davantage, et que les corpuscules réfringents qu'ils renferment paraissent occuper surtout leur portion supérieure au-dessus de la ventouse médiane ; c'est pourquoi dans les Cercaires on ne voit bien que la partie supérieure de l'appareil excréteur, tandis que dans les Distomes qui en dérivent c'est la partie inférieure qui devient la plus apparente.

Les corpuscules calcaires réunis en assez grande quantité dans les différentes parties de l'appareil excréteur ont de $0^{mm},006$ à $0^{mm},011$ de diamètre. Leur forme primitive est toujours sphérique ; quelquefois deux ou trois de ces corpuscules se soudant ensemble, produisent des formes modifiées qui sont le plus souvent celle d'un biscuit (par soudure de deux) ou d'un cœur (par trois), mais dans lesquelles on reconnaît toujours les éléments qui les composent. Ces corpuscules sont formés d'un noyau central, entouré de couches concentriques distinctes limitées par des traits très-nets, au nombre de deux à quatre, suivant la grosseur des corpuscules ; quelques-uns offrent deux ou trois noyaux centraux, ce qui modifie leurs dimensions et leur forme, parce que leur croissance se fait du centre à la périphérie, par apposition des nouvelles couches autour de chaque noyau individuel,

lesquelles se rencontrent, se soudent et forment un tout unique, mais dans lequel on reconnaît toujours plusieurs noyaux. On en rencontre quelquefois qui sont tout-à-fait homogènes, sans apparence de stries concentriques ; ceux-là ne renferment jamais de noyau central.

Ces corpuscules sont jaunâtres, à contours très-foncés et réfractent fortement la lumière.

La composition chimique de ces corpuscules est déjà déterminée par leur forme, qui est celle qu'affecte fréquemment le carbonate de chaux [1] dans les êtres organisés. Ils sont d'ailleurs solubles avec effervescence dans l'acide acétique, qui dissout la partie calcaire et laisse une trame organique de même forme et de même structure que le corpuscule entier, et qui ne disparaît qu'au bout d'un certain temps.

Outre les corpuscules tels que nous venons de les décrire, on trouve dans l'appareil excréteur des granulations foncées, toujours de petites dimensions, et qui paraissent former les noyaux autour desquels se déposent ensuite les couches successives de substance calcaire qui constituent les grands corpuscules.

Des concrétions toutes semblables se retrouvent dans la cavité excrétoire de quelques Distomes adultes [2].

[1] Robin et Verdeil. Chimie anatomique, t. II, chap. XV, p. 220, etc. Carbonate de chaux. (Paris, 1853.)

[2] Il est curieux de remarquer que le carbonate de chaux affecte surtout la forme de concrétions à couches concentriques, dans les produits destinés à être éliminés des corps vivants. Dans les vertébrés, c'est sourtout dans les urines qu'il se dépose sous la forme de sphères simples ou diversément associées, homogènes ou formées de couches concentriques (Robin et Verdeil : L. C., pl. III, f. 2. — XIII, f. 3. — XV, f. 4), tandis que partout ailleurs dans l'économie on le trouve sous des formes toutes différentes. Il paraît en être de même chez quelques animaux inférieurs, en particulier les vers intestinaux. Les concrétions qui incrustent la peau des Cestodes en général, sont, à quelques détails de forme et de dimensions près, variables suivant les espèces, en tout semblables à celles que nous venons de décrire. Aussi quelques auteurs les regardent-ils comme des produits excrétoires qui se déposent dans la peau, laquelle serait ainsi chargée d'emmagasiner ces produits devenus inutiles, faute d'un appareil éliminateur spécial pour les rejeter. Quelle que soit la signification de cette incrustation de la peau des Cestodes, que ce soit un acte d'élimination, ou un rudiment très-imparfait de squelette, destiné à donner une certaine consistance au parenchyme très-mou dont ils sont formés, il n'en est pas moins intéressant de constater que la même substance affecte des formes presqu'identiques dans des milieux fort différents. Dans les Trématodes nous retrouvons encore des formes analogues, mais prenant naissance bien nettement dans les produits de l'appareil éliminateur, comme celles qui se déposent dans les urines des vertébrés.

On ne peut cependant pas établir de rapport entre la forme concrétionnaire du carbonate de chaux et

Quand les Distomes ne sont pas écrasés et tués par la compression à laquelle il faut soumettre leur kyste pour déterminer sa rupture, on aperçoit très-distinctement, de chaque côté du corps (Tab. VII, f. 7. *k*), un canal vibratil flexueux partant de la cavité excrétoire et remontant latéralement en dehors des ramifications de cette cavité jusqu'au niveau de la ventouse médiane, où il disparaît.

Nous avons vu que dans les Cercaires, chaque branche de la cavité excrétoire se continue avec un semblable canal vibratil qui s'infléchit au niveau du pharynx (Tab. VI, f. 6. *k*), forme une anse et redescend aussitôt. Il est probable que cette branche descendante se rejoint soit directement, soit par des anastomoses, avec celle que nous venons de décrire, très-visible dans les Cercaires enkystées, mais qui, comme toute la portion inférieure de l'appareil excréteur, ne l'est pas dans les Cercaires libres. En réunissant ainsi les données fournies par ces deux états, on peut se figurer entièrement la disposition de tout le système vasculaire dépendant de l'appareil excréteur, et comprendre la possibilité d'une circulation de liquides déterminée par la présence des cils ou fouets vibratils qui garnissent en tout ou partie l'intérieur des vaisseaux. On peut conclure avec d'autant plus de certitude de l'organisation de la Cercaire à celle du Distome qui en dérive, que dans ces derniers, on distingue quelquefois, pendant qu'ils sont dans leur kyste, près de leur extrémité antérieure, l'anse vibratile toujours apparente dans les Cercaires.

On remarque encore, dans les Distomes sortis des kystes de la *C. echinatoïdes*, trois corps transparents situés dans la moitié postérieure du corps, l'un plus petit (Tab. VII, f. 7. *y*), sphérique, large de $0^{mm},038$, placé derrière la ventouse médiane et isolé des deux autres (x) qui sont ovoïdes, longs de $0^{mm},055$ à $0^{mm},060$, et placés l'un derrière l'autre, dans l'angle de la bifurcation des deux branches de la cavité excrétoire. Ces corps sont les rudiments des organes génitaux.

Il résulte de ce qui précède que pendant l'enkystement, le Distome a subi quel-

l'élimination, car on la retrouve dans des conditions toutes différentes, notamment dans les vaisseaux artériels de l'Arion, dont la couleur blanche très-prononcée, qui permet de suivre très-loin leurs ramifications sans le secours de l'injection, est due à un dépôt uniforme de concrétions calcaires. Une couche de concrétions semblables tapisse par places le conduit séminifère du même mollusque, sous forme de plaques isolées, assez écartées et disposées suivant une ligne d'un côté du conduit.

ques modifications qui le rapprochent de l'état adulte, consistant surtout dans 1° l'accroissement, peut-être même, d'après Filippi, la formation de la collerette et de sa bordure d'épines, et sa substitution à la couronne d'épines simples qui entoure la ventouse buccale dans la Cercaire; 2° la formation des lamelles aiguës qui recouvrent la surface de la moitié antérieure de son corps; 3° ces modifications dans l'organisation sont accompagnées d'un notable accroissement dans les dimensions, puisque le corps de la Cercaire, qui a en moyenne $0^{mm},35$, devient un Distome long de $0^{mm},65$ à $0^{mm},70$.

On voit par là que ce dernier, emprisonné dans un kyste n'ayant que $0^{mm},19$ de diamètre, doit se trouver dans un état de contraction considérable, et exercer une pression assez forte contre les parois du kyste; aussi, dès que celui-ci est rompu, le Distome replié, s'étale, se dilate, et sort avec les dimensions que nous venons d'indiquer.

M. de Filippi a essayé de déterminer expérimentalement la forme adulte de la *C. echinatoïdes*. A cet effet, il a nourri de jeunes canards avec des Paludines pendant quelques jours, et fait ensuite un examen minutieux de leur canal digestif, mais sans y trouver trace de Distomes.

Il essaya ensuite de faire avaler des kystes de la même espèce à des grenouilles, et constata leur éclosion au bout de vingt-quatre heures dans l'intestin de cet animal. Trois jours après, les jeunes Distomes, parfaitement vivants, étaient arrivés dans le rectum, mais sans que leur organisation eût fait de progrès, et semblables à ceux que nous avons décrits plus haut, obtenus artificiellement par la compression du kyste; avec cette différence pourtant, que les organes (intestin, canaux vibratils, etc.), que ce dernier procédé d'extraction faisait disparaître, demeuraient très-évidents dans les Distomes éclos naturellement sous l'influence des sucs intestinaux. (Tab. VII, f. 18.)

Filippi conclut de ces deux séries d'expériences, que les kystes de la *C. echinatoïdes* doivent plutôt se développer dans les animaux à sang froid que dans ceux à sang chaud. Les probabilités sont cependant pour ces derniers, puisque ce n'est encore que chez eux qu'on a trouvé des Echinostomes; d'ailleurs, l'arrêt de développement des jeunes Distomes et leur rapide passage dans le rectum, d'où ils ne

tardent pas à être expulsés avec le reste de son contenu, montrent suffisamment qu'ils ne trouvent pas dans les grenouilles le milieu convenable à leur maturation complète.

Une seconde série d'expériences entreprise par M. de La Vallette sur la *C. echinifera* (qui paraît identique avec l'*echinatoïdes*), sans donner des résultats définitifs beaucoup plus concluants, paraît autoriser à des conclusions contraires à celles de M. de Filippi, en ce qu'elle démontre une plus prompte action sur les kystes, des sucs intestinaux des vertébrés à sang chaud. En effet, les kystes étaient encore intacts après six heures de séjour dans l'intestin d'une couleuvre. Dans les grenouilles (*Rana temporaria*), l'éclosion n'a commencé que six heures après l'ingestion des kystes, et au bout de neuf heures de séjour dans l'intestin de ces batraciens, les Distomes étaient morts ou tout au moins très-peu vivaces.

Au contraire, dans les moineaux (*Fringilla domestica*) déjà une heure et même une demi-heure après l'ingestion des kystes, l'estomac de l'oiseau contenait des kystes en voie d'éclosion, et l'intestin, des Distomes libres très-vivaces.

Deux heures après, l'œsophage renfermait encore des kystes presque intacts; l'estomac, des kystes en voie d'éclosion; l'intestin, des Distomes libres très-vivaces; le rectum, des kystes vides, accompagnés de Distomes libres. Dans ces derniers, les organes génitaux paraissaient plus évidents et plus développés que dans ceux éclos dans les grenouilles.

Deux moineaux tués, l'un trois, l'autre quatre semaines après un régime prolongé *aux kystes*, ne renfermaient pas traces de Distomes ni de kystes. Enfin deux autres expériences sur des pigeons et un lapin ont donné des résultats analogues, c'est-à-dire que ces animaux renfermaient des Distomes libres déjà deux ou trois heures après l'ingestion des kystes.

Ces expériences démontrent bien que dans les animaux à sang chaud, l'éclosion des kystes a lieu plus rapidement que dans les autres, et que les Distomes qui en sortent sont plus vivaces et restent plus longtemps vivants. Mais il en résulte aussi que si ces Distomes peuvent vivre dans l'intestin de ces divers animaux, ils n'y trouvent cependant pas les conditions nécessaires à leur développement complet et définitif, et n'y arrivent pas à l'état adulte. En effet, nous

venons de voir que dans deux de ces expériences, deux heures après l'ingestion des kystes, il se trouvait déjà des Distomes dans le gros intestin et le rectum, et que quand on laissait un intervalle un peu long entre les deux termes extrêmes de l'expérience, il n'y avait plus traces de Distomes. Evidemment, les Distomes ainsi introduits dans les moineaux, etc., sont dans l'intestin des corps étrangers, et comme tels, suivent le cours du contenu non digestible du tube digestif, pour être expulsés avec lui, comme pour le cas des Batraciens, et pas plus que dans ceux-ci ne manifestent de développement progressif. C'est donc à tort que M. de la Vallette regarde comme des adultes les Distomes qu'il a obtenus dans les expériences que nous venons de rappeler, et qu'il nomme *Dist. echiniferum*, ne trouvant pas dans les auteurs cette forme décrite. On ne peut en effet pas comparer ces jeunes Distomes encore incomplets à des Echinostomes adultes, qui tous sont d'une taille beaucoup plus considérable, et dont les proportions sont modifiées par le développement d'organes qui dans les premiers ne sont que rudimentaires : particulièrement les organes génitaux qui seuls caractérisent l'état adulte, et dont la présence entraînant un très-grand développement de toute la partie du corps dans laquelle ils sont placés, donne à l'animal un aspect qui ne ressemble en rien à celui qu'il avait auparavant, avant leur formation. Les dimensions que M. de la Vallette assigne à son *D. echiniferum* sont presque les mêmes que celles que nous avons indiquées plus haut pour les Distomes extraits artificiellement des kystes de la *Cerc. echinatoïdes*, par conséquent sont bien loin de celles qu'atteignent les individus adultes de même organisation. D'ailleurs, on ne saurait trop le répéter, ce qui caractérise l'état parfait, c'est l'existence de tout l'appareil génital, et on ne doit introduire dans le système général de la classification que les animaux parfaits, parce qu'à cet état seul ils ne se modifient plus, et peuvent seulement alors être comparés et distingués les uns des autres. Or, le *Dist. echiniferum* (La Val.) n'est point adulte, car son appareil générateur n'existe pas autrement qu'on ne le trouve déjà indiqué dans les kystes, c'est-à-dire par les rudiments des testicules et de l'ovaire; il n'est donc pas le terme final de l'évolution de la *C. echinifera*, mais un arrêt de développement comme les *Dist. tardum* et *pacificum* de Steenstrup, et plusieurs autres que nous signalerons par la suite.

29. *Cerc. spinifera.* (La Val. [1].)

Très-semblable à la *C. echinatoïdes* par ses dimensions et sa forme. Tissu du corps formé d'une membrane musculeuse, contenant des cellules à noyaux juxtaposées et imbriquées. Une collerette antérieure, garnie d'épines égales et courtes. Queue très-contractile, bordée de chaque côté d'un limbe membraneux [2] comme la précédente, et contenant des globules libres [3], qui se déplacent lors de ses contractions.

Ventouse antérieure placée au centre de la collerette, terminale. Ventouse médiane grande, denticulée à son bord externe [4].

Appareil digestif non apparent, à l'exception du pharynx. Cavité excrétoire postérieure, et ses branches visibles seulement dans la partie supérieure du corps comme dans l'espèce précédente, et conformées semblablement.

La *Cerc. spinifera* habite le *Planorbis corneus.* (Berlin.)

Pendant l'enkystement elle présente les mêmes particularités que la *C. echinatoïdes* consistant dans un accroissement très-rapide de la collerette et de ses épines, et la même différence entre celles qui bordent latéralement l'échancrure, et celles de la périphérie.

Malgré ces grandes analogies entre la *C. spinifera* et *l'echinatoïdes*, M. de la Vallette croit qu'on doit la regarder comme en étant spécifiquement distincte en raison de la forme toute particulière de sa Rédie (§ **101**).

30. *Cerc. coronata.* (Filippi [5].)

Forme ovoïde, allongée, plus large postérieurement, amincie en avant.

Queue plus longue que le corps, dépourvue de bord membraneux.

Ventouse buccale subterminale, bien nettement striée, ayant son bord externe garni d'une couronne d'épines courtes, fortes, et d'égale longueur.

Ventouse ventrale un peu plus grande que la précédente.

Bouche située au fond de la ventouse buccale. Pharynx petit, intestin bifurqué au-devant de la ventouse ventrale, rempli d'un liquide très-transparent.

[1] L. C., p. 17 (*T. I, fig. X*). — [2] (X, *e e*.) — [3] (X, *p*.) — [4] (X, *s*.)

[5] Deuxième mém., etc. L. C., p. 10, *Tab. II, fig. XII.*

Cavité excrétoire arrondie, transversale.

De chaque côté du corps, un vaisseau sinueux très-apparent, remontant jusqu'à la ventouse buccale, et probablement, comme dans les espèces précédentes, en rapport avec la cavité excrétoire.

Cette espèce habite les *Lymn. palustris* et *stagnalis* (Moncalier), ou elle a été découverte par M. de Filippi dans des Rédies processigères (§ **102**).

Le développement de la *C. coronata* n'offre rien de particulier, si ce n'est ce fait, qu'il ne s'en développe jamais plus d'un individu à la fois dans chaque Rédie, les autres demeurant à un état plus ou moins rudimentaire.

Rapp. et Diff. D'après ce qui précède, on voit que la *C. coronata* appartient entièrement au type des Cercaires épineuses (de même que sa Rédie appartient au type correspondant des Rédies processigères), et ressemble du reste beaucoup aux espèces que nous avons précédemment décrites ; mais la description qu'en donne M. de Filippi est trop vague et incomplète, pour que nous puissions en déduire le moindre caractère spécifique nettement distinctif des autres formes analogues du même type.

C'est probablement à une espèce analogue aux précédentes, qu'il faut rapporter le *Dist. radula*, trouvé par Dujardin[1] dans des kystes, de membrane de la cavité pulmonaire du *Lymnæus palustris*. Ces kystes, larges de $0^{mm},4$, transparents et formés de couches concentriques, renfermaient un petit Distome long de $1^{mm},25$, large de $0^{mm},14$ à $0^{mm},20$, cylindrique, plié en deux dans son kyste, et offrant à son extrémité antérieure un disque échancré du côté ventral, bordé d'une double couronne de vingt piquants. Téguments striés longitudinalement, et parsemés de petites épines disposées en quinconce.

Ventouse ventrale large, très-saillante et portée sur un pédoncule épais. Pharynx large de $0^{mm},04$, séparé de la bouche par un tube œsophagien, étroit, long de $0^{mm},06$. Branches de l'intestin prolongées jusqu'à l'extrémité postérieure.

Ce Distome, comme on le voit, ressemble beaucoup à ceux que nous avons vus exister dans les kystes des *C. echinata*, *echinatoïdes* et *spinifera*, et paraît n'en différer que par les dimensions de son kyste, qui sont plus considérables et presque doubles des dimensions ordinaires des kystes des espèces précédentes.

[1] Hist. nat. des Helm., p. 433.

135.

V. Cercaires provenant de *Rédies simples*.

A. CERCAIRES POURVUES D'UNE QUEUE.

31. *Cerc. neglecta*[1] (Fil.). Tab. VI, fig. 9.

Forme ovoïde, tissu du corps d'apparence cellulaire. Queue de la longueur du corps, dépourvue de bord membraneux.

Ventouses bien développées; la buccale (*a*) un peu plus petite que la ventrale (*g*).

Appareil digestif développé; pharynx (*d*) globuleux; œsophage mince, bien déterminé, se bifurquant en deux branches latérales à peu près au milieu de l'intervalle des deux ventouses. Appareil excréteur, non apparent.

Cette espèce habite dans des Rédies (§ **79**, 3) les tissus extérieurs de l'intestin du *Lymn. pereger*.

Elle ne s'enkyste pas comme la plupart des précédentes dans les mollusques.

32. *Cerc. ephemera*[2] (Nitzsch). — *Histrionella ephemera*[3] (Hemp. et Ehr.). *Cerc. flava*[4] (La Val.). Tab. VI, fig. 4, 5.

Longueur totale de $0^{mm},8$ à $1^{mm},1$.

Corps long de $0^{mm},20$ à $0^{mm},50$, large de $0^{mm},06$ à $0^{mm},16$, tantôt elliptique, tantôt cylindrique, suivant l'état de contraction; fortement échancré à son bord postérieur pour recevoir l'insertion de la queue; de couleur jaune à la lumière directe, brunâtre par transparence. Cette coloration est due à la présence d'un grand nombre de granules pigmentaires disséminés dans la substance du corps, qui est elle-même formée de cellules arrondies, granuleuses, qui deviennent très-visibles par l'addition d'ammoniaque ou de soude, et entourée d'une membrane transparente contractile, épaisse de $0^{mm},003$.

Le caractère le plus saillant de la C. *ephemera* consiste en la présence de trois

[1] Filippi. Premier mém., etc., p. 24, *pl. II, fig. 26.*
[2] Nitzsch. Beit. zur Infus., p. 29, *Tab. I, 1—13.*
[3] Hemprich et Ehrenberg. Symb. Phys. Phyt. Entoz. *Tab. VI, 3.*
[4] La Vallette, Symb. ad Tremat., etc. L. C., p. 24, *Tab. II, f. VIII, et A—C.*

ocelles, ou taches pigmentaires placées dans la partie antérieure du corps. Ces ocelles sont sphériques, très-nettement circonscrits, larges de $0^{mm},01$, d'un rouge-brun foncé, et situés de façon à former un angle obtus dont le sommet est dirigé en avant. L'ocelle qui est au sommet de l'angle se trouve à $0^{mm},04$ de l'extrémité antérieure, les deux autres en sont éloignés de $0^{mm},06$.

La Vallette remarque qu'on distingue souvent un point transparent dans ces ocelles, ce qui semblerait indiquer la présence d'un corps réfringent, et donnerait à ces organes une autre signification que celle de simples taches pigmentaires, celle de véritables organes de vision.

Queue longue de $0^{mm},60$, large à sa base de $0^{mm},05$, terminée en pointe, incolore, transparente, très-contractile ; formée de deux couches, l'externe striée longitudinalement, l'interne transversalement. L'action des alcalis met en évidence des cellules à noyaux, juxtaposées, et situées sur le côté interne de la queue. Dans la partie centrale du même organe, se trouvent de petits globules mobiles, parmi lesquels on distingue des stries claires, parfois renflées. (La Val.)

Ventouse antérieure, large de $0^{mm},03$, globuleuse, cupuliforme et terminale.

Ventouse ventrale nulle.

Appareil digestif distinct ; bouche large de $0^{mm},02$, placée à l'extrémité antérieure au centre de la ventouse buccale, suivie d'un œsophage très-court, nulle part dilaté en un pharynx, et se divisant un peu au-dessous de l'ocelle antérieur en deux branches latérales, qui, au lieu de se terminer en cœcums comme dans les autres Cercaires, paraissent se réunir l'une à l'autre vers l'extrémité postérieure du corps.

Appareil excréteur consistant en une cavité postérieure (Tab. VI, 4, 5, *h*), arrondie, contractile, communiquant avec l'extérieur par un petit canal qui s'ouvre à l'extrémité postérieure (*i*), au milieu de l'échancrure dans laquelle la queue est implantée.

La cavité excrétoire (4, *h*) envoie deux longues branches (*h'*). qui remontent sur les côtés du corps parallèlement aux branches de l'intestin, mais en dehors, et en se rapprochant graduellement l'une de l'autre ; arrivées au-dessus de la bifurcation de l'intestin, elles s'infléchissent du côté interne, l'une vers l'autre. D'après

La Vallette, elles se réunissent et forment un canal continu. Le même auteur prétend que la cavité excrétoire se continue un peu dans la queue elle-même.

L'appareil excréteur de la *C. ephemera* est généralement rempli d'un contenu granuleux, consistant en corpuscules à stries concentriques, d'un blanc crétacé à la lumière directe, opaques à la lumière transmise (La Val.), et qui sont probablement de même nature (carbonate de chaux) que ceux qu'on rencontre dans plusieurs Cercaires épineuses. Dès que la queue de la Cercaire se détache, on voit ces granules sortir par l'orifice postérieur (*i*), fait qui, observé déjà depuis longtemps, avait dans l'origine été regardé comme la ponte des œufs.

La *C. ephemera* a été trouvée sur les *Paludina vivipara* (Nitzsch, Bær) *Palud. impura?* (Bær)[1] et le *Planorbis corneus* (Siebold, La Val.), dans des Rédies que nous avons déjà décrites (§ **79**, 4.)

La *Cerc. ephemera* présente dans sa Rédie les mêmes phénomènes de croissance et de développement que toutes les Cercaires précédemment décrites. Les deux ocelles latéraux se forment aux dépens de granules pigmentaires situés près de l'extrémité antérieure; le reste du corps des jeunes larves est incolore.

L'ocelle antérieur apparaît le dernier, seulement quand la larve est près de quitter sa Rédie, ou même après qu'elle en est sortie.

La *C. ephemera,* une fois en liberté, ne tarde pas à s'enkyster, en s'entourant d'une couche de viscosité qui se coagule, et forme une coque sphérique, qu'elle fixe volontiers aux corps ambiants (Sieb.) et au travers de laquelle on distingue très-nettement les trois ocelles de la larve. D'après Bær, qui a trouvé dans presque toutes les Paludines qu'il a examinées, ces kystes plus ou moins nombreux sur l'oreillette du cœur, ils sont d'une couleur légèrement brunâtre, très-résistants, et supportent sans altération un très-long séjour dans l'eau.

M. de la Vallette a entrepris sur cette espèce, dans le but de déterminer sa forme adulte, une série d'expériences, qui, sans donner des résultats définitifs, ne sont cependant pas sans intérêt.

[1] Bær signale, dans la *Palud. impura*, une Cercaire de couleur foncée, opaque, de forme cylindrique, et portant des ocelles noirs très-apparents, qui se développait dans des Rédies pourvues d'un sac stomacal très-long et comme divisé en plusieurs parties. Tous ces caractères, surtout la conformation de la Rédie, appartiennent bien à la *C. ephemera*.

Ayant introduit dans un bocal plein d'eau, un certain nombre de *Cercaria ephemera* libres, provenant du foie d'un *Planorbis corneus*, il trouva, quelques heures après, les parois du bocal garnies de kystes, qu'il fit ensuite avaler à des moineaux (*Fringilla domestica*).

Des kystes ayant huit jours d'existence, introduits dans un moineau, ont donné au bout de six heures, des petits Monostomes vivants, semblables par leur couleur et leur organisation au corps de la Cercaire enkystée. D'autres, ingérés après quatorze jours d'enkystement, ont donné, également au bout de six heures de séjour dans le tube digestif du moineau, des Monostomes vivants, très-agiles, plus riches en granules pigmentaires, et dont les ocelles étaient devenus moins apparents. D'autres enfin, ayant un mois d'enkystement, donnèrent au bout d'une demi-heure, des kystes en voie d'éclosion dans l'intestin, des kystes vides, et des Monostomes libres, remarquables par leur coloration plus intense et plus foncée, et dans lesquels les ocelles avaient presque disparu.

Quoique non tout-à-fait adultes, puisque les organes génitaux manquaient encore, ces Monostomes étaient assez semblables au *Monost. flavum* pour que M. de la Vallette ait cru pouvoir les regarder comme appartenant à cette espèce.

Ce Monostome, ainsi que le *M. mutabile* dont il est très-voisin, étant presque tout-à-fait spécial aux oiseaux aquatiques palmipèdes, dont il habite surtout le gosier, la trachée et les bronches, les fosses nasales, etc., il n'est pas étonnant que les expériences de M. de la Vallette n'aient pas abouti à un résultat définitif, puisqu'elles ont été faites sur des oiseaux d'un tout autre groupe, et dont les sucs intestinaux n'ont eu d'autre effet que celui qu'ont en général les sucs intestinaux sur les kystes, celui de les ramollir et de mettre en liberté leur contenu, lequel demeure stationnaire dans son développement s'il ne se trouve pas dans son véritable milieu. Nous devons aussi remarquer un fait assez intéressant et qui est en rapport avec l'habitat particulier du *Monost. flavum* des canards, c'est cet enkystement de la *C. ephemera* sur les parois du bocal dans lequel on les avait mises, ainsi que sur les brins d'herbes (Sieb.), etc. Les *C. ephemera* enkystées ainsi sur les herbes qui croissent au fond des eaux, et qui, comme on le sait, constituent en partie la nourriture des palmipèdes (canards, etc.), doivent fréquemment rester fixées sur les parois internes de la bouche ou du gosier, et par conséquent

se développer dans les cavités voisines auxquelles les jeunes Monostomes peuvent facilement arriver. Ceci explique pourquoi c'est surtout dans ces régions qu'on trouve les *M. flavum* et *mutabile* qui ne se rencontrent que rarement dans l'intestin, où ils seraient évidemment très-abondants comme les espèces précédentes, s'ils y étaient, comme elles, habituellement amenés par l'alimentation. Il peut arriver aussi que les *C. ephemera* s'enkystent directement sur les parois internes de la bouche des canards, dans laquelle elles pourraient entrer pendant que ceux-ci ont la tête dans l'eau, et le bec ouvert en quête de leur nourriture.

33. *Cerc. Amphistomi subclavati*[1] (*Diplodiscus Diesingii*) Fil.[2]. *Diplocotyle mutabile* (Dies.)[3]. Tab. VI, fig. 10.

Longueur totale, près de 1^{mm} environ.

Corps long de $0^{mm},42$; large de $0^{mm},28$ environ, de forme ovoïde, atténué antérieurement, arrondi en arrière, jaunâtre, à téguments parsemés d'un grand nombre de corpuscules fusiformes, tronqués aux deux bouts (probablement des cellules).

Près de l'extrémité antérieure, on remarque déjà de très-bonne heure, chez les jeunes Cercaires, deux taches noires triangulaires ou en forme de cônes, dont les bases sont tournées en avant et un peu en dehors. Ces taches sont de véritables yeux, constitués par un amas de pigment enveloppant extérieurement, à l'exception de sa base qui est convexe, une lentille transparente conique.

Ces organes visuels sont transitoires, et disparaissent dans les métamorphoses subséquentes de la larve.

Queue un peu plus longue que le corps, assez élargie, obtuse à son extrémité, insérée à l'extrémité postérieure et sur la face dorsale du corps, au bord de la ventouse dont cette espèce est munie en ce point. Dans la partie centrale de la queue, on distingue un canal longitudinal; le reste du tissu paraît formé de grandes cellules

[1] Filippi. Deuxième mém., etc., p. 14, *pl. II, fig. 14, 16.* (1855.)

[2] id. Bibl. Ital. LXXXVII, 334, 1—5. (1837.)

[3] Diesing. Systema Helminthum, t. I. (1850.)

transparentes, pavimenteuses. Cet organe est très-contractile, et s'agite constamment en tous sens.

Ventouse antérieure nulle.

Ventouse abdominale très-développée, située tout-à-fait à l'extrémité postérieure, qui, très-élargie, forme une facette occupée entièrement par cette ventouse, dont le centre se trouve ainsi sur l'axe même du corps. Très-contractile, sa forme est très-changeante, et produit des apparences très-différentes suivant la position de sa partie centrale, qui est protractile.

Appareil digestif formé dune petite ouverture buccale, cupuliforme; œsophage mince, se bifurquant bientôt en deux larges branches qui descendent jusque vers l'extrémité postérieure, et s'y terminent en cœcums. Vers l'extrémité antérieure, des deux côtés de l'ouverture buccale, on peut distinguer les rudiments de deux petits tubes terminés en cœcums, qui se développent et deviennent très-apparents chez l'adulte (tubes salivaires?).

Appareil excréteur formé d'une cavité arrondie, à parois contractiles, de laquelle partent deux larges branches qui remontent, en décrivant de grandes sinuosités, jusqu'à la partie antérieure, au niveau des taches oculaires, et renferment un contenu granuleux, mêlé de globules de dimensions variables, très-réfringents. (Ces globules réfringents que Filippi regarde comme de nature grasse, sont plus probablement des concrétions calcaires.)

Ces Cercaires ont été découvertes libres dans l'eau et sur le *Planorbis nitidus*, par M. de Filippi, qui les nomma alors *Diplodiscus Diesingii*. Tout récemment, il a retrouvé dans le *Planorb. vortex*, cette singulière espèce, et a suivi sa transformation en *Amphistoma subclavatum* des Batraciens, comme nous allons le voir.

La *Cerc. Amphist. subclavati* se développe dans des Rédies (§ **79**, 5, et § **93**) habitant en grand nombre les mollusques que nous venons de citer. Leur croissance rapide leur fait bientôt, avant leur développement complet, acquérir des dimensions telles, que la Rédie qui les renferme, distendue par la pression exercée par les Cercaires, se déchire et les met en liberté dans les tissus du mollusque, où ils achèvent leur croissance, et, arrivés à maturité, en sortent pour se répandre dans l'eau.

Jusqu'à présent aucune observation n'est venu démontrer que cette Cercaire se construise des kystes; mais, dans les localités habitées par ces larves, Filippi a pu retrouver dans l'intestin des Tritons (*Triton punctatus*) le corps de la Cercaire à tous les états de développement, depuis celui qu'elle avait encore sous sa forme larvaire, jusqu'à la forme adulte.

Dans les plus jeunes individus, la transparence du corps étant plus grande que dans la Cercaire, par suite de la disparition des grandes cellules fusiformes dont nous avons parlé, l'organisation est plus distincte; le système nerveux est très-apparent, et est formé de deux ganglions latéraux (sur lesquels sont portés les yeux), réunis par un pont transversal sus-œsophagien, et envoyant de chaque côté du corps un gros tronc nerveux.

Les tubes situés de chaque côté de l'orifice buccal sont bien développés, ainsi que l'œsophage, qui est mince, allongé, et présente, au-dessus de la bifurcation de l'intestin, une petite dilatation. L'appareil excréteur très-développé envoie, outre ses deux larges branches fortement flexueuses, deux canaux plus petits qui montent de chaque côté du corps, en dehors des premières, émettant sur leur trajet de petites ramifications, et qui se perdent vers la partie antérieure du corps. Dans le milieu de celui-ci, occupant l'espace compris entre les diverses portions du tube digestif, on remarque, à un état de développement déjà assez avancé, l'appareil générateur.

A mesure que ces jeunes Amphistomes s'accroissent, leurs organes se perfectionnent, à l'exception des yeux qui, peu à peu, se détruisent par la dissolution de leur lentille réfringente, et la dispersion du pigment environnant, lequel ne forme plus que des taches diffuses qui disparaissent même quelquefois complètement dans l'adulte.

Lorsque les organes génitaux ont acquis leur développement complet, et renferment les œufs et les spermatozoïdes, l'individu est tout-à-fait adulte, et n'est autre que l'*Amphistoma subclavatum*, espèce de ce genre toute spéciale aux Batraciens, chez lesquels elle est assez commune.

Les observations de M. de Filippi, que nous venons de rappeler, complètent donc l'histoire du développement de cette espèce dont l'embryon était déjà connu; c'est, jusqu'à présent, la seule espèce dont nous connaissions toute la

série des phases diverses par lesquelles la plupart des Trématodes paraissent devoir passer pour atteindre l'état adulte; l'embryon (§ **46**), la nourrice (§ **79**, 5, et § **93**), la larve et l'adulte.

34. *Cerc. echinocerca.* (Fil.)[1].

Corps de forme ovoïde, allongé, renflé vers le milieu, extrémité antérieure atténuée et prolongée en forme de cou arrondi ; extrémité postérieure beaucoup plus étroite.

Toute la partie antérieure du corps est couverte de petites épines disposées en rangées transversales, et parsemée de granulations pigmentaires qui lui communiquent une teinte grisâtre.

Des deux côtés du corps, à peu près vers la moitié de la partie antérieure, on remarque deux taches foncées, formées par des granules pigmentaires, dans l'intérieur de chacune desquelles se trouve un corps transparent, et qui sont, par conséquent, des yeux semblables à ceux de l'espèce précédente.

Queue plus courte que le corps, régulièrement annelée, hérissée de longues soies rayonnantes et implantées dans les jointures des anneaux. Cette queue est douée d'une très-grande contractilité, et s'agite énergiquement, même après sa séparation du corps de la Cercaire.

Ventouse buccale bien développée, placée peu au-dessous de l'extrémité antérieure. Ventouse abdominale égale à la précédente, située au milieu du corps.

Appareil digestif, formé d'une bouche grande, placée au centre de la ventouse buccale, suivie d'un long œsophage très-mince, qui ne se bifurque qu'immédiatement au-devant de la ventouse médiane, et présente en ce point un renflement musculaire qui n'est autre que le pharynx. Cette situation tout-à-fait exceptionnelle du pharynx, est digne d'attention.

Les deux branches de l'intestin sont plus larges que l'œsophage.

Appareil excréteur, consistant en une grande cavité cylindrique, très-contractile, s'étendant depuis l'orifice postérieur jusqu'au-delà de la ventouse ventrale, et

[1] Deuxième mém., etc., p. 17, *pl. II*, *fig. 19*.

terminée en cœcum un peu au-dessus d'elle. Cette cavité contient des corpuscules réfringents (carbonate de chaux) analogues à ceux indiqués dans les Cercaires épineuses.

M. de Filippi figure dans cette espèce, mais sans les décrire, deux canaux (vibratils?) qui remontent en serpentant sur les côtés du corps, et paraissent être en rapport, par leur extrémité postérieure, avec la cavité excrétoire.

Cette espèce a été découverte par Filippi dans des Rédies (§ **103**) habitant le *Buccinum corniculatum* (Lam.) (*Bucc. Linnaei*, Payr), du golfe de Gênes. — Son développement, analogue à celui de toutes les autres Cercaires, ne s'achève pas complètement dans la Rédie, mais dans les tissus mêmes du mollusque, comme nous l'avons vu pour les larves de l'*Amphist. subclavatum*.

L'observation n'a encore fourni aucun fait positif sur les métamorphoses ultérieures de la *C. echinocerca*, mais M. de Filippi croit pouvoir regarder, comme appartenant à la série du développement de cette espèce, le *Dist. hystrix*, trouvé par Dujardin[1] dans des kystes de la muqueuse buccale et des branchies des *Pleuronectes maximus* et *platessa*, et qui présente la même organisation et les mêmes particularités de structure que la *C. echinocerca*, notamment la situation exceptionnelle du pharynx, et la forme de sa cavité excrétoire.

B. CERCAIRES DÉPOURVUES DE QUEUE.

35. *Cerc. Paludinæ impuræ*[2] (Fil.). Tab. VI, fig. 8.

Longueur du corps, $0^{mm},40$. — Téguments parsemés d'épines, tissu du corps formé de cellules à noyaux juxtaposées.

Queue nulle. — Ventouses bien développées; la buccale (*a*) située un peu en dessous de l'extrémité antérieure, et entourée de piquants à son bord externe; la ventrale (*g*) plus grande que la précédente, placée un peu au-delà du milieu du corps.

Apparcil digestif consistant en un œsophage pourvu d'un renflement pharyngien (*d*), un peu au-dessous de la ventouse buccale, et se bifurquant immédiatement, au-devant de la ventouse ventrale, en deux branches latérales terminées en cœcums.

[1] Hist. nat. des Helminthes, p. 433.

[2] Fil. Premier mém., etc., p. 24, *pl. II*, *fig. 31*.

Appareil excréteur formé d'une cavité (*h*) en forme de tube court et sinueux, placée dans la ligne médiane du corps et entourée de cellules particulières.

De chaque côté du corps, on remarque un vaisseau, fin, sinueux (canal vibratil?) (*k*).

Ces Cercaires ont été découvertes par Filippi dans des Rédies (§ **79**, 6) habitant la *Paludina impura* (Lac de Varèze). Elles sont très-vivaces et ressemblent au *Dist. luteum* de Bær. Leurs métamorphoses ne sont pas encore connues; cependant, si elles s'enkystent, ce ne peut être que dans la Paludine même où elles sont nées, et non au dehors comme le croit Filippi, car elles manquent d'appareil locomoteur aquatique.

136.

Telles sont, jusqu'à présent, les espèces de Cercaires les mieux connues.

Il nous reste à en signaler quelques-unes qui ont été indiquées par les auteurs, mais qui sont trop imparfaitement décrites pour qu'on puisse les déterminer comme espèces distinctes, ou les rattacher d'une manière positive aux espèces plus connues. C'est surtout le cas pour les formes décrites par les anciens auteurs, telles que les *Cercaria major, minuta, inquieta* de Nitzsch[1], *C. lemna* de Müller[2], etc.

On peut y ajouter les

C. alata (Ehrenb.)[3].

C. brachyura (Dies.). (*Dist. polymorphum*[4], Fil.)

C. varicans (Abild.)[5]. (*Cheilostomum varicans,* Dies.). Espèce à queue fourchue sans ventouse ventrale.

C. dichotoma (Müll.)[6], corps cylindrique, queue très-longue, bifurquée, ven-

[1] Beit. zur Infusorienkunde. (1817.)

[2] Verm. terr. et fluv. hist., p. 185. (1773.) Animal. infus., p. 12. (1786.)

[3] Symbolæ physicæ, etc. (1828.)

[4] Bibl. Italiana. LXXXVII, 337. (1837.)

[5] Skrivt af. Naturhist. Selsk. III, 1, II. 89. (1794.)

[6] Müller's Archiv, p. 496. (1850.) — Et La Vallette. Symb. ad Tremat. evol. hist. *Tab. II, fig. 1.* (1855.)

touses très-distinctement striées. Pharynx allongé, très-musculeux, intestin bifurqué. Cavité excrétoire très-vaste, occupant toute la partie postérieure du corps, se bifurquant supérieurement en deux courtes branches, comme pour entourer la ventouse médiane, et contenant des concrétions calcaires. Deux canaux latéraux sinueux, remontant jusqu'à la ventouse buccale. (Nice.)

C. setifera (Müll.)[1], ovoïde; queue cylindrique, très-épaisse, arrondie à l'extrémité, tuberculeuse, comme annelée, et garnie sur les côtés de petites soies disposées par faisceaux. Ventouses très-distinctes, égales. Pharynx ovoïde, musculeux, duquel partent les bifurcations de l'intestin. (Trieste.)

C. elegans (Müll)[2]. Corps allongé, ovoïde, atténué aux deux bouts, portant deux taches pigmentaires près de l'extrémité antérieure. Queue très-longue, cylindrique, portant vers son extrémité quelques faisceaux de soies, ventouses petites, surtout la buccale. Cavité excrétoire bifurquée en deux longues branches remontant jusqu'à la ventouse médiane, et contenant des granules. (Marseille.)

Ces trois dernières espèces sont marines et ont été recueillies libres dans l'eau de mer dans différentes localités par J. Müller[1].

137.

D'après ce que nous savons maintenant sur les habitudes des Cercaires et sur leurs métamorphoses, nous pouvons avec assez de probabilité nous rendre compte de la provenance d'un grand nombre de kystes qu'on rencontre constamment dans la plupart des animaux aquatiques, sans qu'on doive conclure quelque chose de certain, quant à leur destination, de l'animal dans lequel on les trouve, puisque nous avons vu que les Cercaires construisaient leurs kystes au hasard, sur tout ce qui se trouvait à leur portée, et que, par conséquent, un grand nombre d'entre eux étaient perdus pour la reproduction, faute de se trouver dans les animaux par lesquels ils auraient pu être transportés dans leur véritable milieu. Nous avons vu aussi qu'il peut arriver qu'au bout d'un certain temps, les jeunes Trématodes contenus dans les kystes finissent par en sortir, et se trouvent ainsi libres dans un

[1] Müller's Archiv, 1850, p. 496. — La Val. L. C., *Tab. II, fig. II.*
[2] Id. id. — Id. *Tab. II, fig. III.*

milieu qui, sans leur être mortel, ne leur offre pas les conditions nécessaires à leur développement, qui reste presque stationnaire. Ce fait, assez commun chez les kystes des mollusques, et qui a pu faire croire à l'existence de Trématodes chez ces invertébrés, nous rend compte aussi de la présence de jeunes Trématodes toujours non adultes dans certains animaux aquatiques, et dans des régions où ils n'ont certainement pas pu arriver sous leur forme actuelle ; tels que ceux qu'on rencontre dans les tissus profonds ou superficiels, dans l'intérieur de l'œil, etc., des poissons. Ces Trématodes, soit enkystés, soit libres, qu'on trouve dans les invertébrés ou dans les tissus des vertébrés aquatiques, sont pour la plupart asexuels, très-petits, ne prennent jamais dans ces conditions leur forme et leurs dimensions définitives, et ne doivent être considérés que comme des arrêts de développement d'autres espèces, analogues à ceux que nous avons vus et suivis dans quelques mollusques, tels que les *D. tarda*, *pacifica*, etc.

138.

C'est dans cette catégorie que se rangent quelques petits Distomes trouvés libres dans les tissus des mollusques terrestres ou aquatiques, et dont les phases précédentes du développement ne sont pas encore connues, mais qui probablement ont une origine semblable à celle que nous avons reconnue aux *Dist. pacifica* et *tarda* de Steenstrup, et ne sont encore que des formes très-jeunes attendant des conditions favorables à leur évolution complète.

a) Tels sont le *Dist. luteum*[1], Bær (*Heterostomum ovatum*, Dies.), long de $0^{mm},6$ à 1^{mm}, ovoïde, aplati, fortement coloré en jaune; ventouses bien développées, la ventrale très-large. Intestin se bifurquant peu après le pharynx, en deux branches qui se terminent un peu en arrière de la ventouse ventrale. Appareil excréteur formé d'une cavité ovoïde, envoyant par son extrémité antérieure deux canaux à cils vibratils, qui remontent en serpentant des deux côtés du corps jusqu'à la hauteur du pharynx, où ils se replient et redescendent en émettant un grand nombre de fines ramifications (La Val.). Ce Distome a, d'après M. de la Vallette, la surface de son corps parsemée de petites verrucosités; les individus observés par Bær étaient en-

[1] Bær. Beit. zur Kennt. etc. L. C., p. 610. — *Tab. XXIX, 20—22.*
La Vallette. L. C., p. 26. *Tab. I, fig. XIV.*

tourés d'une couche glaireuse transparente qui ne disparaissait qu'après un long séjour dans l'eau.

Le *Dist. luteum* a été trouvé dans le testicule et le foie de la *Palud. vivipara* (Bær et La Val.).

b) M. de Filippi [1] décrit un petit Distome qu'il a trouvé dans différents points du corps de la *Palud. vivipara* (Lac de Varèze), et dont la description concorde tout-à-fait avec celle du *Dist. luteum*.

c) Une autre forme, décrite antérieurement par le même auteur sous le nom d'*Heterostomum echinatum* [2], et trouvée sur le corps de la *Palud. impura*, pourrait bien être un individu libre provenant de la *Cerc. paludinæ impuræ* (Fil.).

d) Jeunes Distomides longs de $0^{mm},40$ à $0^{mm},55$, larges de $0^{mm},3$; ovoïdes ou presque globuleux, convexes en dessus, présentant une excavation médiane dans laquelle sont logés la ventouse ventrale et autres orifices. Téguments lisses. Ventouse antérieure petite, ventouse ventrale située au fond de l'excavation et recouverte par le bord postérieur de celle-ci. Œsophage simple, sans pharynx et se bifurquant promptement.

Trouvés dans le foie du *Lymnæus palustris* par M. Dujardin [3], qui paraît disposé à les regarder comme devant probablement devenir des Holostomes dans l'intestin de quelque oiseau de marais.

e) Les petits Distomes libres signalés par plusieurs auteurs dans divers mollusques terrestres, ont une origine analogue, et se rattachent probablement à l'existence antérieure de Sporocystes et de Cercaires terrestres, qu'on rencontre quelquefois dans les gasteropodes pulmonés. Tels sont les Distomes observés par Dujardin dans plusieurs espèces du genre *Limax* ; celui observé par Meckel dans l'*Helix pomatia* ; enfin le *D. renale* découvert par Filippi dans l'*Helix aspersa*, dont nous avons déjà parlé (§ **130**, p. 164 et 166).

[1] Premier mém. p. servir, etc., p. 25.

[2] Bibl. Ital. L. C., p. 338.

[3] Hist. nat. des Hel., p. 473.

139.

Nous pouvons ajouter quelques formes observées dans des animaux inférieurs marins, et, comme les précédentes, non adultes.

[1] *Dist. geniculatum* (Dies.) (*Dist. physophoræ*, Phil.) dans la *Physophora tetrasticha*.

[1] *Dist. megacotyle* (Dies.) dans *Velella spirans*.

[1] *Dist. pelagiæ* (Kœllik.) dans *Pelagia noctiluca* et *Argonauta argo*.

Dans les Crustacés d'eau douce :

[2] *Dist. isostomum* (Rud.) dans différents organes internes de l'*Astacus fluviatilis*.

[2] *Dist. cirrhigerum* (Bær) dans des kystes logés dans les tissus du même animal.

140.

Dans les Poissons, on rencontre très-fréquemment des kystes logés plus ou moins profondément dans les tissus, et qui contiennent, comme ceux des mollusques, etc., de petits Trématodes asexuels, et très-souvent plus rien du tout qu'un contenu amorphe, reste de l'animal qui les avait construits, et qui, arrêté dans son développement, s'est détruit au bout d'un certain temps. Ces kystes paraissent appartenir à des espèces différentes de celles qui habitent ordinairement les mollusques; cependant, quelquefois on peut en rencontrer de celles-ci: ainsi, il m'est arrivé de trouver dans le tissu adipeux de la cavité orbitaire de la truite, de petits kystes en assez grand nombre, qui contenaient un Distome provenant de la *Cerc. armata* ou d'une espèce voisine, et très-reconnaissable à la forme toute particulière en Y, de sa cavité excrétoire. Parmi les formes enkystées les plus connues et les plus fréquentes chez les Poissons, se trouvent :

a) L'*Holostomum cuticola* (Nordm.)[3], habitant des kystes logés dans les tégu-

[1] Diesing, Syst. Helminthum, t. I.

[2] Dujardin. Hist. nat. des Helm., p. 471.

[3] Nordmann. Mik. Beit. T. I, p. 49, pl. IV, fig. 1—4.

ments, la muqueuse buccale, les branchies et les muscles des cyprins ; aussi dans l'œil de la perche. Ces kystes, très-apparents par leur couleur blanche, qui se détache sur le pigment noir qui se dépose autour d'eux, renferment un petit Holostome long de 1^{mm}, blanc, formé de deux portions distinctes, l'antérieure aplatie élargie, convexe en dessus, à bords renflés en un bourrelet, et formant à elle seule les deux tiers du corps ; la postérieure plus étroite, ovoïde.

Bouche placée à l'extrémité antérieure, petite, dépourvue de ventouse, quelquefois retirée en entonnoir. Ventouse moyenne très-rudimentaire, large de $0^{mm},07$, occupant le centre de la partie dilatée du corps, et en arrière de laquelle on remarque un autre orifice ventousiforme entouré d'un bourrelet plissé, plus grand que la ventouse moyenne. Pharynx petit, intestin immédiatement bifurqué en deux longues branches sinueuses descendant jusqu'à l'extrémité postérieure, où elles se terminent en cœcums. A cette extrémité postérieure se trouve une ouverture, par laquelle sort un liquide transparent mêlé de granules.

Le parenchyme du corps, homogène, est parsemé de vésicules (Bläschen)[1] rondes, transparentes, qui recouvrent les autres organes, et paraissent par leur disposition former des séries transversales et longitudinales circonscrivant des espaces quadrangulaires. Cet animal est évidemment un jeune Holostome, non adulte.

b) Le *Dist. annuligerum* (Nordm.)[2]. Trouvé dans des kystes logés dans le corps vitré de l'œil de la perche ; larges de $0^{mm},56$, ovoïdes, blancs ou jaunâtres ; entourés d'une auréole albumineuse bleuâtre ; très-résistants, et formés de deux enveloppes, l'externe d'une consistance plus forte et opaque, l'interne plus mince et transparente.

Ces kystes contiennent un petit Distome allongé, fusiforme ; à ventouses grandes et presque égales ; pharynx placé au-dessous de la ventouse buccale, et immédiatement suivi de la bifurcation de l'intestin, dont les branches sinueuses descendent jusqu'à l'extrémité postérieure. A l'extrémité postérieure, se trouve une ouverture,

[1] Ces vésicules paraissent de même nature que celles qui se trouvent chez les Diplostomes de Nordmann, et qui sont de vraies concrétions calcaires.

[2] Nordmann. L. C., p. 53, pl. I, fig. 4—10.

par laquelle Nordmann a vu sortir des petites vésicules qu'il a prises pour des œufs, et qui ne sont autres que des concrétions calcaires provenant de la cavité excrétoire qu'il n'a pas vue. Le parenchyme renferme aussi des concrétions qui paraissent plus nombreuses sur les côtés du corps.

c) *Dist. longicolle* (Crep.)[1], espèce voisine de la précédente, trouvée dans des kystes du péritoine et du foie des *Percæ fluviatilis* et *cernua*.

d) *Dist. hystrix*[2] (Duj.), long de 1^{mm},6 à 2^{mm}, large de 0^{mm},5 ; de forme cylyndrique, obtus en arrière, prolongé en avant par un cou épineux terminé par une tête globuleuse large de 0^{mm},2, entourée d'un double rang d'épines plus longues.

Ventouse ventrale large de 0^{mm},18. Pharynx très-grand, large de 0^{mm},16, situé immédiatement au-devant de la ventouse ventrale, précédé d'un long œsophage, et suivi des deux branches de l'intestin. Cavité excrétoire très-vaste, remplie de concrétions calcaires. Deux vaisseaux latéraux sinueux dans toute la longueur du corps.

Trouvé dans de petits kystes blancs, globuleux, dans la muqueuse buccale et les branchies des *Pleuronectes maximus* et *platessa*.

e) *Dist. campanula?* (Duj.)[3]. Distomes longs de 0^{mm},4 à 0^{mm},6, à tête campanulée, téguments pourvus de stries obliques et croisées ; ventouse ventrale peu distincte ; contenus dans des kystes larges de 0^{mm},5 habitant les branchies du *Cyprinus idus* (Rennes).

Dans les Batraciens :

f) *Holostomum urnigerum*[4]. (Rud.)

Forme assez particulière, remarquable par des concrétions calcaires disposées en réseaux remplissant le parenchyme de son corps, et qui se trouve dans des kystes blancs ovoïdes du mésentère, foie, reins, etc. de la *Rana esculenta*, et qui est très-probablement un jeune Holostome.

[1] Dujardin. Hist. nat. des Helm., p. 455.
[2] Id. Id. p. 433.
[3] Id. Id. p. 435.
[4] Id. Id. p. 378.

141.

On a trouvé aussi dans les poissons quelques formes libres dans divers tissus, également arrêtées dans leur développement, et appartenant principalement au genre Holostome. Tels sont :

a) *Holost. brevicaudatum*[1] (Nord.), long de $0^{mm},75$, assez voisin de l'*H. cuticola*, mais vivant libre dans le corps vitré de l'œil de la perche. Parenchyme du corps rempli de concrétions (Blæschen, Nordm.), qui le rendent opaque.

b) *Diplostomum volvens*[2] (Nord.), trouvé par Nordmann dans les yeux des *P. fluviatilis*, *P. cernua*, *P. lucioperca*; *Gadus lotta*; *Cyprinus erytrophthalmus*.

c) *Diplost. clavatum*[3] (Nordm.), dans les yeux des perches précitées par Nordmann ; aussi dans ceux de l'*Esox lucius* par Dujardin. Je les ai trouvées l'une et l'autre dans l'œil de *P. fluviatilis* du lac Léman.

Ces deux espèces ont été décrites par Nordmann comme des types de deux groupes auxquels il rapporte 58 espèces différentes, en les prenant à tort pour des animaux adultes ; mais elles ne sont nullement dans ce cas, manquant totalement d'organes génitaux. Le parenchyme de leur corps est parsemé de granules ou concrétions calcaires ayant de $0^{mm},004$ à $0^{mm},006$ de diamètre, de structure homogène, solubles dans l'acide acétique, et à leur extrémité postérieure se trouve une cavité plus ou moins vaste, évidemment semblable à la cavité excrétoire de tous les autres Distomides. On les trouve souvent en grand nombre, dans les humeurs de l'œil des poissons précités, avec des nombreuses variations de taille et de forme qui sont probablement en rapport avec l'âge, mais au milieu desquelles on reconnaît toujours le même animal.

M. Nordmann a créé le genre *Diplostomum* pour ces deux formes, à cause de la présence de la cavité excrétoire, qu'il nomme *réservoir du chyle*, très-visible sur

[1] Nordmann. L. C., p. 52.

[2] id. L. C., p. 28, pl. II, III, IV, f. 6.

[3] id. L. C., p. 42.

tout dans le *Dip. volvens ;* mais ce caractère n'a qu'une faible valeur vis-à-vis des analogies très-grandes que présentent ces formes avec les vrais Holostomes, d'autant plus qu'il s'agit d'être incomplets, arrêtés dans leur développement, et qu'on ne peut comparer avec certitude aux Holostomes parfaits.

On rapporte encore à ce genre *Diplostomum* deux formes également incomplètes.

d) *Diplost. rachiæum* (Henle)[1], trouvé dans la partie postérieure du canal rachidien de la grenouille au nombre de vingt à quarante; long de $2^{mm},25$, large de $0^{mm},56$, de forme très-variable; corps parsemé de corpuscules calcaires ronds ou ovoïdes.

e) Un petit Distomide, en tout semblable au précédent, a été trouvé par Müller[2] dans le quatrième ventricule, sous le plexus choroïde, du *Petromyzon fluviatilis*.

f) Enfin M. Leydig[3] a décrit un petit Distome habitant la cavité du crâne du *Cobitis fossilis*, dans le liquide cérébro-spinal. Ce Distome est long de 1^{mm}, très-contractile ; ventouse ventrale très-développée ; la bouche, sous forme d'une ouverture terminale, est dépourvue de ventouse, et se continue avec un renflement suivi de la bifurcation de l'intestin, dont les branches paraissent aussi se ramifier.

Appareil excréteur en forme de tube, bifurqué supérieurement en deux autres qui remontent jusqu'à l'extrémité antérieure, où ils se terminent en cœcums, et s'ouvrant inférieurement à l'extrémité postérieure du corps. Cet organe renferme un contenu granuleux, friable, jaunâtre.

Le parenchyme du corps est parsemé, surtout dans sa moitié postérieure, de corpuscules calcaires ronds ou ovales, ayant de $0^{mm},004$ à $0^{mm},008$ de diamètre, solubles dans l'acide acétique, et qui masquent par leur abondance les organes internes.

142.

Pour terminer cette énumération probablement très-incomplète des Trématodes non adultes qui se rencontrent dans les différents animaux aquatiques, nous ferons remarquer quelques particularités qui paraissent communes à tous

[1] Froriep's Notizen. 1833. N° 816.
[2] Vergleichende Anat. der Myxinoïden etc (Neurologie), p. 30. (1845.)
[3] Siebold et Kölliker : Zeitsch. für wiss. Zool. IV, p. 382. Tab. XIV, fig. 6—8.

ceux actuellement observés dans les poissons, et qui les distinguent des Trématodes adultes qui habitent normalement ces mêmes animaux.

Les Trématodes adultes habitent presque sans exception l'appareil digestif, quelquefois les cavités de l'appareil respiratoire (oiseaux) ou leurs annexes; généralement toujours des cavités en communication avec l'extérieur. Au contraire, les formes incomplètes que nous venons de rappeler, enkystées ou libres, se rencontrent constamment dans l'intérieur des tissus, et dans des cavités entièrement closes, où ils n'ont pu arriver que de l'extérieur, par conséquent sous une forme aquatique, qui, bien qu'elle soit encore inconnue, est probablement analogue à celle des Cercaires. Dans aucun cas, on n'a trouvé dans ces conditions des formes adultes, mais toujours des individus de petite taille, plus ou moins vivaces, et ne présentant pas de développement progressif, en ce qui concerne l'appareil génital du moins. Les modifications progressives, toujours bornées, ne portent que sur les organes digestifs, excréteurs, etc., qui peuvent se compléter et devenir plus apparents qu'ils n'étaient d'abord, et sur la taille, qui paraît croître dans certaines limites assez restreintes; il est en effet rare, sur un certain nombre d'individus, de ne pas en trouver de dimensions différentes.

143.

Une autre modification qui caractérise ces jeunes Trématodes, et qui jusqu'à présent a été constatée presque sans exception dans ceux qu'on a trouvé dans les poissons (aussi dans les Batraciens), est la présence dans le tissu de leur corps de corpuscules calcaires en plus ou moins grande quantité. Cette incrustation n'a jamais lieu dans les Trématodes adultes, mais elle est constante chez ceux qui habitent les cavités closes, et vivent dans des milieux qui ne leur présentent pas les conditions nécessaires à leur transformation complète, dans ceux, en un mot, que nous appelons des arrêts de développement. Ce dépôt de concrétions paraît en rapport avec le milieu, car on ne l'observe que dans ceux habitant les poissons ou les Batraciens, jamais dans ceux qu'on rencontre dans les mollusques, et généralement dans les invertébrés. Il tient donc à la nature des matériaux que l'animal puise dans les tissus ambiants, et paraît plus abondant dans les individus de plus grande taille, que dans les petits, et dépend

par conséquent, probablement du temps qui s'est écoulé depuis leur arrivée dans leur milieu actuel. Ce fait est assez important à constater, en ce qu'il est spécial aux Trématodes placés dans des conditions où ils n'atteignent jamais l'état parfait, tandis qu'il ne s'observe pas chez ceux qui sont adultes, pas même dans ceux qui habitent normalement les poissons. Il est donc comme le résultat des conditions défavorables dans lesquelles ces jeunes Trématodes sont placés; de là, trouble dans les actes vitaux de composition et de décomposition, et état morbide qui finit par déterminer la mort de ces organismes; il est, en effet, très-probable qu'arrivée à un certain point, cette incrustation doit amener ce résultat, comme cela a lieu pour les Scolex de certains Cestodes (Cœnures[1]).

Les concrétions qui, dans les conditions particulières où se trouvent les Trématodes dont nous venons de parler, se déposent dans leurs tissus, présentent un caractère qui les différencie de celles qui normalement se forment dans l'appareil excréteur de quelques espèces; c'est qu'elles sont plus petites et presque constamment de structure homogène, et ne se forment pas comme ces dernières par dépôt de couches concentriques autour d'une granulation centrale; et, en tous cas, lorsqu'il y a une formation concentrique, le noyau central est toujours une concrétion homogène plus petite autour de laquelle il s'est déposé une ou deux autres couches, comme s'il y avait eu un temps d'arrêt dans la formation de la concrétion totale. C'est pour cette raison que quelques auteurs ont méconnu la vraie nature de ces concrétions, les prenant, par suite de leur homogénéité, pour des gouttelettes de graisse ou des vésicules (*blæschen*). (Nordmann.)

[1] Ces Cœnures, qui sont l'état nourrice ou scolex du *Tænia serrata*, et pour lesquels cette transformation exige un changement de milieu, le transport dans l'intestin d'un animal carnassier, se multiplient par gemmation dans le cerveau du mouton, et s'incrustent de concrétions calcaires d'autant plus abondamment qu'ils sont plus âgés; lorsque l'incrustation est arrivée au point de les transformer pour ainsi dire en une masse calcaire, ils se détachent morts de la vésicule commune sur laquelle ils sont nés et ont vécu, et tombent dans sa cavité. On peut aussi, pour ces animaux, d'autant mieux dire que l'incrustation est le résultat de la permanence de leur état transitoire, que dans les Tænias adultes, l'extrémité antérieure ou tête, qui est précisément le Scolex ou Cœnure, mais Scolex placé dans les conditions favorables au libre jeu de toutes ses fonctions, est la seule portion de tout l'animal (ou le seul individu de toute la colonie) qui soit dépourvue de concrétions calcaires, qui, comme on le sait, se trouvent au contraire normalement dans tous les proglottis.

144.

DU TETRACOTYLE[1]. (TAB. VII, fig. 19.)

Ce nom de Tetracotyle a été donné par M. de Filippi à des petits Trématodes habitant les mollusques aquatiques, et remarquables par une organisation toute particulière.

Le Tetracotyle (Tab. VII, fig. 19) ressemble tout-à-fait à un Distome contracté; long de 0^{mm},215, large de 0^{mm},165, de forme ovoïde, d'un tissu très-transparent, homogène, parsemé à la surface de petites granulations jaunâtres, à contours noirs, et disposées en séries linéaires, irrégulières et assez espacées. Le corps est entouré d'un double contour assez épais, indiquant l'épaisseur de la peau. Sur la face ventrale du corps, on remarque quatre ventouses disposées en croix, dont deux situées sur la ligne médiane, les autres placées symétriquement de part et d'autre de cette ligne, entre les deux premières et un peu en dehors d'elles.

Les deux ventouses de la ligne médiane sont analogues par leur situation et leur conformation à celles du genre Distome. L'antérieure (*a*), longue de 0^{mm},045, large de 0^{mm},035, de forme ovoïde, placée transversalement à 0^{mm},020 de l'extrémité antérieure. La ventouse médiane (*g*), large de 0^{mm},055, longue de 0^{mm},047, également de forme ovoïde, transversale et placée un peu avant le milieu de la longueur du corps. Toutes deux sont très-nettement striées, très-contractiles, et changent constamment de forme et d'apparence, surtout la ventouse moyenne qui paraît assez profonde et mobile.

Les deux ventouses laterales (*a'*) ont l'apparence de deux excavations évasées en forme de cornet ou d'entonnoir, placées obliquement de dedans en dehors. Le pourtour de ces excavations est un ovale dont le grand axe, long de 0^{mm},045, est dirigé relativement à l'axe médian du corps, obliquement d'avant en arrière et de dedans en dehors. Le petit axe a de 0^{mm},020 à 0^{mm},025 de large. Le bord interne de ces ventouses, un peu sinueux et très-fortement accusé par un trait foncé et épais, correspond au maximum de profondeur de l'excavation, dont la paroi interne, terminée par ce contour foncé, est à peu près verticale ou du moins très-peu incli-

[1] De Filippi. Prem. mém. p. serv., p. 22, *tab. II, fig. 25.*

née. Le bord externe, un peu convexe, du pourtour de la ventouse, est au contraire très-fin, et paraît se fondre avec le tissu ambiant, parce que la partie externe de l'excavation, très-inclinée sur la précédente et presque horizontale, vient se terminer en mourant à la surface même du corps avec laquelle elle se continue directement. Cette paroi est nettement striée comme les autres ventouses.

Près de l'extrémité postérieure et sur la ligne médiane, se trouve un orifice (*i*) très-distinct, par lequel on voit sortir des granulations foncées lors des contractions de l'animal ou lorsqu'on le comprime.

Sur les bords de la moitié postérieure du corps, on remarque de chaque côté une bande obscure, qui est due à l'accumulation de granulations semblables, et chez lesquelles les contractions du tissu ambiant déterminent un mouvement de va et vient, qui indique que ces granules sont placés librement dans une cavité tubuleuse, en rapport avec l'orifice postérieur par lequel son contenu peut être expulsé.

Nous avons donc là une cavité excrétoire bifurquée en deux branches latérales, analogue à celle que nous avons reconnue dans la plupart des Distomides.

Le corps du Tetracotyle est toujours enveloppé d'une couche demi-solide, glaireuse, qui n'est point un kyste, mais suit les mouvements de l'animal, chez lequel on remarque par intervalles des contractions très-énergiques.

Tels sont les principaux détails de structure du Tetracotyle, tel que je l'ai observé et figuré (Tab. VII, fig. 19), d'après des individus trouvés libres dans le foie et le testicule de la *Palud. vivipara*, dans le courant de l'été (1855). Je n'ai pas pu y découvrir la moindre trace d'un appareil digestif, au contraire de M. de Filippi[1], qui signale dans ceux qu'il a observés, dans la même saison, un intestin dont les branches présentent sur leur trajet de nombreuses ramifications.

La figure que donne cet auteur du Tetracotyle diffère, du reste, beaucoup de la nôtre, et paraît avoir été faite d'après des individus arrivés à un degré de développement plus avancé.

145.

Cet organisme tout-à-fait remarquable s'est présenté à M. de Filippi dans des conditions d'habitat non moins singulières, mais qui ne nous paraissent nullement

[1] Premier mém., etc. L. C., p. 22, *pl. II*, *fig.* 25.

ustifier les conclusions que cet auteur croit pouvoir en tirer au sujet de la destination du Tetracotyle. C'est dans quelques Rédies de la *Cerc. echinatoïdes* que Filippi a d'abord rencontré, pendant l'hiver, le Tetracotyle, au nombre de un ou deux individus par Rédie (Tab. V *bis*, fig. 1, *B t*), parmi les Cercaires qui sont le produit ordinaire de celles-ci. En été, il en a rencontré de libres dans les organes génitaux et le foie des Paludines.

Comme M. de Filippi le reconnait lui-même, c'est à cette forme tout-à-fait exceptionnelle qu'il faut rapporter les organismes observés par Steenstrup, soit dans l'intérieur des Sporocystes[1] de la *Cerc. armata*, et qu'il a, dans ce cas, regardés comme le résultat d'un précoce enkystement de ces Cercaires avant leur sortie du Sporocyste; soit libres[2] dans les tissus des mollusques qui renfermaient les Sporocystes précédents, et qu'alors il a pris pour des Distomes provenant de la *C. armata*, plus avancés que ceux qu'il avait vus sortir de leurs kystes, et qu'il avait désignés sous le nom de *Dist. tarda*.

Il suffit, en effet, de comparer les figures qu'il donne de ceux-ci, et celles des individus qu'il a trouvés dans les Sporocystes ou libres dans les tissus, pour voir qu'elles n'ont aucun rapport, et qu'elles représentent des êtres très-différents.

Nous avons déjà décrit (p. 150) le véritable *Dist. tarda* de Steenstrup, c'est-à-dire le Distome qui sort des kystes de la *Cerc. armata* au bout d'un certain temps d'enkystement, comme un petit Distome allongé à deux ventouses distinctes, une cavité excrétoire bifurquée, etc. (Tab. VII, fig. 16), et qui diffère très-peu de la *Cerc. armata* elle-même. Les autres, au contraire, sont ovoïdes, très-courts et fortement élargis, surtout vers leur extrémité antérieure; d'un tissu très-foncé, ils offrent sur leur face ventrale, outre les deux ventouses médianes, deux figures en forme de fer-à-cheval ou semi-circulaires, placées entre les précédentes, de part et d'autre de la ligne médiane, et qui sont évidemment la représentation très-imparfaite des deux ventouses latérales incomplètes qui caractérisent le Tetracotyle. Steenstrup a reconnu sous leur peau épaisse des réseaux irréguliers de canaux, remplis de granulations, et figure très-nettement l'orifice postérieur; enfin, il a constaté que ces

[1] Generationswechsel etc., p. 84. Tab. III, fig. 6 *a*, 6 *b*.

[2] id. id. id. fig. 5, *e*—*g*.

petits animaux très-peu vivaces, sont enveloppés d'une épaisse couche semblable à de l'albumine coagulée. Ces soi-disant *Dist. tarda* se sont trouvés fréquemment dans le foie et les organes génitaux du *Lymnæus stagnalis* et du *Planorbis corneus*, quelquefois au nombre de 10 à 50. Ces différents renseignements, auxquels il faut encore joindre l'absence de l'appareil digestif et de l'appareil excréteur en Y, si visibles dans les *C. armata* et les Distomes qui en proviennent réellement, nous paraissent établir clairement : 1° que ces organismes, décrits par Steenstrup, et confondus par lui avec les jeunes Distomes sortis des kystes de la *C. armata*, en sont fort différents ; 2° qu'ils sont identiques à ceux observés par Filippi dans des conditions analogues, mais sur un autre mollusque, et nommés par lui Tetracotyles.

146.

La présence assez fréquente du Tetracotyle dans les Rédies de la *C. echinatoïdes*, a conduit M. de Filippi à regarder cet organisme comme un produit de ces Rédies, probablement destiné à jouer, dans le développement de l'espèce, un rôle différent de celui des Cercaires qui se transforment en Distomes, tandis que le Tetracotyle serait chargé de la reproduction des Rédies. Cette supposition est basée, comme on le voit, sur une autre supposition qui consiste à regarder le Tetracotyle comme un produit des Rédies, ce qui n'est point encore suffisamment démontré. En effet, il résulte des observations même de Filippi, comme de celles de Steenstrup, que l'inclusion des Tetracotyles, soit dans les Rédies, soit dans les Sporocystes, n'exclut pas la présence de ces mêmes animaux libres dans les tissus des mollusques contenant ces Sporocystes ou ces Rédies. En effet, Steenstrup les a trouvé très-abondamment à l'état libre, tandis qu'ils ne se rencontraient qu'en petit nombre dans les Sporocystes mêmes de la *C. armata*, et il est probable que M. de Filippi, qui les a trouvé quelquefois dans les Rédies de la *C. echinatoïdes* pendant l'hiver, en aurait aussi rencontré dans la même saison de libres dans les tissus, comme Steenstrup, s'il les y avait cherchés. En effet, ceux qu'il y a trouvé, pendant l'été, ne peuvent pas être provenus des Rédies qui, comme nous l'avons vu, occupent le réservoir d'eau des Paludines lorsqu'elles ont atteint un certain développement, et expulsent leur contenu dans l'eau. Les Tetracotyles qui se trouvent alors dans les Rédies à l'état où

ils sont figurés (Tab. V *bis*, fig. 1 *B t*, et VII, fig. 19), doivent arriver dans l'eau avec les Cercaires, et ne peuvent pas rentrer dans les tissus internes du corps, puisqu'ils sont comme enkystés dans une enveloppe albumineuse, et très-peu vivaces. Il résulte de là que les Tetracotyles, qu'on observe libres dans le foie ou les organes génitaux des Paludines, n'ont pas nécessairement habité antérieurement des Rédies, mais sont contemporains de ceux qui peuvent se trouver dans ces organismes; ce que l'observation de Steenstrup confirme, puisque à côté de Sporocystes, contenant des Cercaires encore jeunes et un ou plusieurs Tetracotyles, il se trouvait dans le même mollusque de 10-50 Tetracotyles libres dans le foie, etc.

Il résulte de ces divers faits que le Tetracotyle est un être indépendant des organismes auxquels Filippi veut le rattacher, d'après le seul fait que quelquefois il s'en trouve un ou deux individus dans une Rédie, puisqu'on le rencontre en même temps et plus souvent libre, et dans des régions du corps des mollusques, très-éloignées de celles occupées par les Rédies. La présence du Tetracotyle dans les Sporocystes en général, est plutôt accidentelle; il y arrive probablement sous une autre forme plus petite, aquatique, s'introduit dans les mollusques, comme la plupart des Cercaires, en se frayant un chemin au travers des tissus, et se loge ainsi dans le foie et les organes génitaux, où on le trouve particulièrement. Nous avons vu que pendant que les Rédies de la *C. echinatoïdes* sont jeunes, elles habitent surtout le foie, pour ensuite descendre plus tard dans les cavités aquatiques des Paludines. Il résulte de là que le foie de ces mollusques est, pendant un certain temps, rempli de jeunes Rédies, et que les Tetracotyles qui se promènent dans son tissu peuvent parfaitement tomber dans la cavité des Rédies qui, entassées en grand nombre, envahissent souvent une portion considérable de l'organe qu'elles habitent, et présentent comme tissu une surface au moins égale à celle de la substance propre de celui-ci.

Les Tetracotyles ont, par conséquent, autant de chances d'arriver dans les Rédies que de rester dans une partie saine du tissu, dès-lors leur présence simultanée au dedans et au dehors des nourrices qui habitent un mollusque, s'explique tout naturellement, sans que le fait de leur inclusion dans des Rédies ou des Sporocystes doive nécessairement les faire regarder comme des produits de ceux-ci.

Bien plus, il faut remarquer que les Tetracotyles enfermés dans les Rédies sont nécessairement sacrifiés et perdus, n'étant pas, comme le reste du contenu de ces organismes, pourvus d'organes locomoteurs aquatiques, et n'étant pas d'ailleurs susceptibles de supporter le contact de l'eau. La marche normale du développement de l'espèce met donc promptement un terme à l'existence des Tetracotyles enfermés dans les nourrices, tandis que ceux qui sont libres dans les tissus continuent à vivre beaucoup plus longtemps, ce qui semble indiquer suffisamment que le premier cas, d'ailleurs le moins fréquent, n'est pas le plus normal et est plutôt accidentel.

147.

La formation du Tetracotyle dans des nourrices étant loin d'être démontrée, et les considérations précédemment développées paraissant tout-à-fait contraires à l'hypothèse qui prétend rattacher cet organisme très-particulier à la série du développement de la *C. echinatoïdes*, nous pouvons, jusqu'à nouvel ordre, le regarder comme une forme spéciale, parasite des mollusques, et qui correspond entièrement, par sa forme, ses dimensions et son organisation actuelle (à ses ventouses latérales près), aux jeunes Distomes qui, enkystés dans les mollusques, en sortent accidentellement, comme nous l'avons déjà vu. Comme eux, le Tetracotyle est peu vivace, et paraît rester stationnaire, sans poursuivre son développement au-delà d'un certain point, et sans jamais arriver à l'état adulte. C'est ce qui résulte des observations de M. de Filippi, qui ne l'a jamais vu dépasser l'état qu'il a décrit et dont nous avons parlé. J'ajouterai que les Tetracotyles que j'ai observés (Tab. VII, fig. 19) pendant l'été dernier, qui avaient hiverné dans les Paludines et y étaient, par conséquent, depuis plusieurs mois, n'étaient pas plus avancés que ceux que de Filippi a observés en hiver.

Nous trouvons encore un rapport entre ces formes et les jeunes Distomes qui se trouvent libres dans les mollusques et dont nous avons expliqué le mode de provenance, dans cette couche glaireuse qui enveloppe le Tetracotyle, et que Bær avait déjà signalée autour du *Dist. luteum*. Le Tetracotyle est donc probablement un état transitoire du développement d'une forme dont les autres états sont encore inconnus, et qui correspond à celui des jeunes Distomes qui, sortis de leurs kystes dans

les mollusques (ou de ceux qui n'étant jamais enkystés atteignent un développement analogue déjà dans leurs nourrices), attendent passivement et libres dans les tissus d'être transportés dans le milieu favorable à leur évolution définitive. En un mot, le Tetracotyle nous paraît avoir la même signification que celle que nous avons reconnue aux *Dist. pacifica*, *tarda*, *luteum*, etc.

La destination de cet être, évidemment imparfait, nous est complètement inconnue de même que les premières phases de son développement. L'analogie ne fournit ici aucun renseignement ; car, jusqu'à présent, aucun Distomide adulte n'a encore présenté l'assemblage particulier de quatre ventouses qui caractérise le Tetracotyle, bien que cette organisation se retrouve dans d'autres Distomides, jeunes et non adultes, qui présentent plus d'un rapport avec l'organisme dont nous parlons, et dont la présence dans des lieux où jamais il n'y a eu de Sporocystes fournit encore un argument contre l'hypothèse de Filippi, relative à l'origine du Tetracotyle.

148.

C'est dans la perche commune (*perca fluviatilis*), que se trouvent contenus dans des kystes ces Trématodes non adultes, analogues au Tetracotyle.

Leurs kystes (Tab. VII, fig. 11, 12) ont de $0^{mm},40$ à $0^{mm},80$ de diamètre, et sont de forme ovoïde, quelquefois sphérique ; d'un blanc opalin, semblables à de petites perles à la lumière directe, jaunâtres à la lumière transmise. Ils sont constitués par une enveloppe ayant de $0^{mm},06$ à $0^{mm},07$ d'épaisseur, transparente, jaunâtre, d'apparence fibroïde, mais très-peu consistante, et se déchirant avec la plus grande facilité par la compression, en laissant échapper l'animal qu'elle renferme. La cavité du kyste est plus grande que ce dernier, et contient un liquide demi-visqueux qui la remplit, et dans lequel nage le petit Trématode.

Celui-ci offre des dimensions variables entre $0^{mm},38$ et $0^{mm},88$ de long sur $0^{mm},30$ à $0^{mm},50$ de large, suivant les saisons, généralement ceux que j'ai rencontrés en été étaient plus gros que ceux que j'ai observés pendant l'hiver. Il se présente dans le kyste comme une masse ovoïde (fig. 13), contractée, et presque complètement opaque et foncée, à l'exception de deux places plus claires occupant la moitié postérieure du corps ; l'une de forme ovoïde, qui n'est autre que la ventouse médiane ; l'autre, placée immédiatement en arrière de la première, beaucoup plus grande,

s'étendant jusque près de l'extrémité postérieure. L'animal, très-fortement contracté, laisse distinguer une enveloppe extérieure ou peau, assez épaisse, transparente et contractile. Cette peau paraît formée de deux couches, car lorsqu'on soumet ces animaux à l'action de l'acide acétique, les bulles de gaz qui se produisent par la dissolution des concrétions calcaires, soulèvent par places, quand elles arrivent à la surface du corps, une couche transparente, qui se détache ainsi du reste de la peau sur une plus ou moins grande étendue, et peut être considérée comme un épiderme.

Le parenchyme du corps paraît rempli de concrétions calcaires (fig. 14), ayant de $0^{mm},005$ à $0^{mm},011$ de diamètre, généralement de forme irrégulièrement sphérique ou ovoïde, et constituées par un gros noyau entouré d'une seule couche calcaire; très-fréquemment elles sont tout-à-fait homogènes et ne renferment pas de noyau. Elles se dissolvent avec effervescence dans l'acide acétique. Ces concrétions placées dans tout le tissu du corps qu'elles obscurcissent complètement, paraissent cependant quelquefois affecter une disposition dendritique ou réticulée assez prononcée, et sont surtout accumulées dans la moitié antérieure du corps et autour de la ventouse médiane, derrière laquelle se trouve un espace clair entièrement dépourvu de concrétions. Ces corpuscules calcaires masquent, par leur accumulation, tous les organes, qu'on ne peut voir qu'en comprimant un peu l'animal. Lorsqu'on le comprime fortement, les granules s'échappent par les déchirures de la peau, et on peut alors observer très-distinctement les ventouses et l'appareil digestif.

A l'extrémité antérieure du corps, se trouve une petite ventouse (*a*) nettement striée, large d'environ $0^{mm},06$ et placée sur la face ventrale. Un peu au-delà du milieu du corps, la ventouse ventrale (*g*) ayant de $0^{mm},08$ à $0^{mm},10$, sphérique ou ovoïde, dans ce dernier cas, placée transversalement, son excavation sous forme d'une ligne transverse, entourée d'un fort anneau musculeux.

De chaque côté de la ventouse antérieure, en dehors et en dessous d'elle, on remarque une excavation ventousiforme (*a'*) très-distincte, dont le pourtour est en forme de rein, longue de $0^{mm},133$, large de $0^{mm},066$, et placée longitudinalement. Le bord interne sinueux, concave intérieurement, est très-fortement accusé par un double trait foncé; le bord externe, convexe en dehors, beaucoup plus fin, paraît

se continuer en mourant avec la surface du corps. Le fond de l'excavation est au-dessous du bord interne, de sorte que la paroi externe de la ventouse est beaucoup plus grande que l'interne, et présente les stries musculaires rayonnant en éventail depuis le fond de l'entonnoir. (Fig. 13, *a'*.)

En arrière de la ventouse médiane, à peu près au milieu de l'espace clair postérieur, on remarque un orifice (*i*) un peu enfoncé dans le tissu, autour duquel la peau forme quatre plis qui se perdent extérieurement en divergeant, de manière à circonscrire une ouverture quadrangulaire qui paraît communiquer avec une cavité intérieure difficile à voir, et qui est probablement une cavité excrétoire.

L'appareil digestif, très-visible dans les individus qu'on a dépouillé de leurs corpuscules calcaires par la compression, est formé d'un œsophage un peu renflé à son origine au-dessous de la ventouse buccale, mais dépourvu de pharynx musculeux, et se bifurquant, presque immédiatement au-dessous de la ligne transversale sur laquelle sont placées les ventouses latérales, en deux branches qui descendent en serpentant jusque près de l'extrémité postérieure du corps. On peut quelquefois, malgré l'opacité des tissus, distinguer le tube digestif par sa transparence, ainsi que la ventouse buccale, sans avoir recours à la compression, mais jamais on ne peut dans ces conditions apercevoir les ventouses latérales.

Ces petits Trématodes sont toujours contractés dans leur kyste, mais pas repliés sur eux-mêmes, et manifestent de temps en temps des mouvements de contractions vermiculaires, qui augmentent d'intensité lorsqu'ils se trouvent au contact de l'eau, on voit alors l'animal s'allonger et se contracter brusquement par saccades et sur place, pendant quelques instants; puis il ne tarde pas à périr.

Ces kystes sont très-communs dans la perche fluviatile, à toutes les saisons, et se trouvent, quelquefois en nombre considérable, dans les environs du cœur et sur le trajet des gros vaisseaux qui en partent, entre les muscles qui avoisinent l'origine de la colonne épinière, toujours dans les petits amas de tissu adipeux qui environnent ces différentes localités. Il est rare qu'en détachant simplement par fracture la tête du poisson, on ne trouve pas sur sa tranche quelques-uns des kystes dont nous parlons. C'est du moins le cas pour les perches que j'ai examinées et qui proviennent du lac de Genève : je n'en ai pas encore trouvé une seule qui en fût com-

plètement dépourvue. Ils m'ont paru moins abondants pendant la saison chaude, et renfermaient en général des animaux un peu plus gros et plus vivaces que ceux que j'ai observés dans le courant de l'hiver.

149.

Je rapprocherai des kystes que je viens de décrire, ceux que M. Dujardin[1] a rencontrés dans le péritoine du gardon *(Cyprinus idus)*, contenant de petits Distomes, longs de $0^{mm},4$ à $0^{mm},75$, ovoïdes, contractiles, à téguments parsemés d'épines, pourvus de deux *ventouses latérales* placées de chaque côté de la ventouse buccale; d'une ventouse ventrale située au tiers postérieur de la longueur, et suivie d'un large orifice transverse, froncé. Intestin divisé en deux branches longues, immédiatement en arrière du bulbe œsophagien.

Cette description appartient évidemment à un animal analogue sinon identique à celui que j'ai trouvé dans les kystes de la perche.

150.

Si on compare ces organismes au Tétracotyle découvert par de Filippi dans les mollusques, il est impossible de ne pas être frappé de l'analogie qui existe entre ces deux formes, et dont l'existence, la structure et la disposition des ventouses latérales constituent les traits les plus saillants.

Les différences entre ces petits Trématodes de la perche et le Tétracotyle, sont exactement de même ordre que celles que nous avons déjà signalées (§ **142** et **143**) entre les jeunes Distomes asexuels qui se trouvent dans les Poissons, et ceux qu'on rencontre quelquefois dans les mollusques, et portent principalement sur la taille et l'existence des corpuscules calcaires dans le parenchyme de leur corps.

Ce sont également des formes au même degré de développement, et qui ne paraissent pas devoir aller plus loin dans les milieux où elles se trouvent, puisque jamais on ne les y rencontre à un état plus avancé. On peut donc regarder nos petits Trématodes comme appartenant tout-à-fait à la forme que de Filippi a appelée Tétracotyle, et n'en différant (qu'ils appartiennent ou non à la même espèce) que

[1] Hist. nat. des Helminthes, p. 463.

par un ensemble de détails qui paraissent communs à tous les Distomides non adultes habitant les poissons, et qui ne se trouvent pas dans ceux des mollusques.

151.

Il résulte de ce qui précède que la forme Tétracotyle existant dans les poissons, n'est pas le produit de nourrices d'espèces différentes, telles que les Sporocystes de la *C. armata* ou les Rédies de la *C. echinatoïdes*, puisqu'elle se rencontre dans un milieu où jamais il n'y a de telles nourrices, mais sa présence dans des animaux aquatiques aussi différents est un fait de même ordre que celui que présentent beaucoup de Distomides, qui pendant leur état larvaire peuvent s'introduire dans divers animaux aquatiques. C'est donc probablement sous une forme aquatique analogue aux Cercaires, que la forme Tétracotyle pénètre soit dans les mollusques, soit dans les poissons, et y demeure stationnaire faute des conditions nécessaires à son évolution définitive, ainsi que cela arrive à beaucoup d'autres Trématodes, comme nous l'avons vu. Comme pour ces derniers, la présence du Tétracotyle dans les mollusques ou dans les poissons ne préjuge rien quant à sa destination ultérieure, car nous ne savons lesquels de ces animaux sont placés pour transporter les Tétracotyles dans le milieu susceptible de les amener à l'état parfait, aucune espèce adulte à laquelle on puisse rapporter avec quelque certitude ces singulières formes larvaires, n'étant encore connue.

152.

RÉSUMÉ.

On peut reconnaître dans les Trématodes deux types distincts par leur genre de vie, la conformation de leurs organes locomoteurs, et leur développement.

Les plus parfaits sont Ecto-parasites, pourvus d'organes de locomotion et de fixation nombreux et compliqués, et ont un développement ordinaire.

Les autres sont Endo-parasites, à organes locomoteurs toujours peu nombreux, très-simples de structure, et paraissent généralement avoir un développement compliqué de plusieurs transformations successives, appartenant au mode dit par génération alternante ou métagénèse.

Un seul Trématode, l'Aspidogaster, paraît former un type intermédiaire, son développement normal et la complication de son appareil locomoteur le rapprochant du premier type, son genre de vie du second, mais tout le reste de son organisation ne permettant pas de le faire rentrer dans aucun des deux.

Les Trématodes du second type, soit Endo-parasites, sont pour la plupart hermaphrodites, et produisent des œufs dont le développement commence pendant leur trajet dans l'oviducte, et même dans quelques espèces, s'y termine avant la ponte. Ces dernières sont donc vivipares.

Dans aucun cas, on n'a encore observé la formation de l'embryon par segmentation du vitellus, mais par réunion de cellules embryonnaires nées directement par *substitution* au sein de vitellus, et à ses dépens.

Tous les embryons observés diffèrent complètement de la forme adulte; la plupart sont infusoréiformes, et couverts de cils vibratils; quelques-uns en sont dépourvus.

Dans quelques embryons ciliés il se développe un corps particulier, vivant, différant entièrement soit de l'embryon, soit de la forme adulte. Ce corps a une existence indépendante de celle de l'embryon qui le contient, et qui après sa mort met le premier en liberté; celui-ci se substitue par conséquent à l'embryon dans la série du développement.

Dans d'autres embryons ciliés, c'est le corps même de l'embryon qui, après avoir perdu ses cils, devient un être nouveau qui continue la marche de l'évolution commencée sous la forme embryonnaire.

Les formes nouvelles qui succèdent ainsi à la forme embryonnaire, constituent l'état *nourrice*, qu'on peut désigner dans les Trématodes sous le nom particulier de Sporocystes.

Les nourrices, d'une organisation très-simple, et d'une vitalité généralement faible, sont parasites des mollusques, terrestres et aquatiques, dont elles habitent les cavités internes, ou l'intérieur des tissus.

On peut distinguer deux catégories de nourrices, distinctes par leur organisation, et correspondant chacune à un des modes de provenance de cet état de la forme embryonnaire :

1° Les Sporocystes, les plus simplement organisés, proviennent de la forme embryonnaire par métamorphose directe de celle-ci.

2° Les Rédies, plus compliquées de structure, naissent dans l'embryon pendant sa vie et se substituent à lui après sa mort.

Les nourrices en général sont susceptibles de se reproduire, et de se multiplier par conséquent dans le milieu qu'elles habitent. Les unes (Sporocystes) se multiplient par division, les autres (Rédies) par gemmation interne.

Toutes les nourrices sans exception génèrent dans leur cavité interne, en nombre plus ou moins considérable, des gemmes qui y naissent, y croissent et s'y métamorphosent chacun en une forme nouvelle, différant complètement de toutes les précédentes, mais voisine de la forme adulte, dont elle présente déjà, sous une forme plus ou moins rudimentaire, les traits caractéristiques, et sur laquelle seule porteront les modifications ultérieures qui doivent terminer la longue série des transformations précédentes. La forme nourrice, au contraire, n'y prend aucune part comme individu, elle ne se transforme point, et meurt aussitôt que les formes larvaires, qui ont pris naissance et se sont développées dans son intérieur, sont arrivées à maturité et peuvent se suffire à elles-mêmes.

Ces nouveaux organismes, qui représentent dans la série du développement l'état larvaire proprement dit, ont reçu le nom de Cercaires, et reviennent directement à l'état adulte, sans nouvel intermédiaire, aussitôt qu'ils sont transportés dans un milieu convenable.

Les Cercaires diffèrent de l'état adulte par leur organisation rudimentaire, leur petite taille, l'absence de tout appareil générateur ; et pour un certain nombre, par la présence d'organes particuliers appropriés au milieu spécial dans lequel elles sont pendant quelque temps appelées à vivre.

Ces organes particuliers à l'état larvaire, sont transitoires, et consistent en un organe spécial (queue), propre à la locomotion dans un milieu liquide pour les Cercaires aquatiques, et en des organes perforants (stylet) par le moyen desquels ces petits organismes pénètrent dans les tissus d'autres animaux pour y commencer leur métamorphose.

Pour les Cercaires aquatiques, la métamorphose est caractérisée par la perte des organes spéciaux à l'état larvaire, et la formation d'une coque dans laquelle le corps seul de la Cercaire est enfermé.

Cette période d'enkystement n'a pas de durée fixe; sa cessation est déterminée par le transport passif du kyste dans le milieu favorable au développement complet de son contenu, lequel, dans ces conditions, arrive rapidement à l'état adulte, et devient propre à la reproduction de l'espèce.

Les Cercaires qui ne sont pas propres à la vie aquatique ne quittent pas le milieu dans lequel elles sont nées, et paraissent attendre, dans cet état et d'une manière passive sans s'enkyster, qu'elles soient transportées dans leur milieu définitif.

Pour les unes comme pour les autres, ce milieu paraît être l'intérieur des animaux vertébrés seulement, car dans aucun invertébré on n'a encore trouvé de Distomide *adulte*.

Ceux qu'on y trouve sont toujours de jeunes Trématodes, provenant soit de ce qu'au bout d'un certain temps d'enkystement, les Cercaires sortent de leur coque et restent dans les tissus ambiants, soit des Cercaires non aquatiques, qui attendent dans le milieu où elles sont nées, sans pouvoir en sortir, le moment de leur transmigration. Il en résulte que ces jeunes formes sont des arrêts de développement de l'état larvaire, et point des êtres parfaits; aussi leur vie transitoire ainsi prolongée n'est pas de longue durée.

APERÇU

BIBLIOGRAPHIQUE, CRITIQUE ET HISTORIQUE

DES

TRAVAUX RELATIFS A L'ÉVOLUTION DES TRÉMATODES.

1738. **Swammerdam,** J. Biblia naturæ, p. 173, pl. IX, f. 7, 8.

Le premier qui ait décrit des Sporocystes et les Cercaires qu'ils renferment, dans son Anatomie de la *Paludina vivipara*.

1773. **Müller,** O.-F. Vermium terrestrium et fluviatilium historia, p. 185, N° 372.

Cet auteur, à la suite de sa description de la *Nerita jaculator (Paludina impura)*, raconte une observation qu'il eut occasion de faire sur ce mollusque, et qui le frappa par sa singularité. Il vit l'individu qu'il examinait projeter au loin, à de courts intervalles, deux ou trois globules blancs à la fois, lesquels aussitôt après s'allongeaient, et prenaient l'aspect de petits corpuscules blancs terminés par un pédicelle ou queue qui s'agitait avec une grande rapidité. En examinant au microscope ces petits corps problématiques, Müller ne fut pas peu surpris en reconnaissant leur grande analogie avec les formes trouvées par Swammerdam dans la *Palud. vivipara*, et figurées par lui pl. IX, fig. 8. Or, ces dernières sont de vraies Cercaires, la description de Swammerdam ne peut laisser aucun doute à cet égard (voir page 92 de ce Mémoire); Müller a donc assisté à la sortie des Cercaires du mollusque dans lequel elles se sont développées, et qu'elles quittent pour se métamorphoser aussitôt qu'arrivées à maturité; elles peuvent se suffire à elles-mêmes. Cette observation de Müller a, au point de vue de la synonymie des mollusques, un certain intérêt historique. C'est en effet à elle qu'est dû ce nom de *Nerita* JACULATOR que cet auteur a substitué à celui de *Helix tentaculata* de Linné, premier nom qu'ait porté le mollusque actuellement connu sous celui de *Paludina impura*.

Dans ce même ouvrage (T. I, 1. 47), Müller décrivit dans son genre Cercaria (Infusoires) deux espèces de vraies Cercaires qu'il avait observées dans les eaux stagnantes et dans la mer, et qu'il nomma *Cercaria lemna* et *C. inquieta* (marine).

Son *Vibrio malleus* paraît être la forme actuellement connue sous le nom de *C. furcata* (Nitzsch). Les mêmes espèces sont indiquées dans deux autres ouvrages du même auteur, *Zoologiæ Daniæ prodromus, N° 2485* (1776) et *Animalcula Infusoria fluviatila et marina, p. 12, tab. XVIII, f. 3-12.* (1786.)

Jusqu'en 1817, époque où Nitzsch étudia les Cercaires d'une manière spéciale, et constata la supériorité de leur organisation sur les autres formes auxquelles elles étaient précédemment réunies, tous les travaux sur les Infusoires ont, sous divers noms, décrit les Cercaires signalées par Müller, sans rien ajouter de nouveau à leur histoire, et sont par conséquent sans intérêt, au point de vue qui nous occupe; cependant, pour être complets, nous les signalerons ici.

1776. **Schrank.** Beitræge zur Naturgeschichte, p. 102, Tab. IV, f. 8—14.

Décrit la *Cerc. lemna* de Müller sous le nom de *Brachionus proteus.*

1781. **Eichhorn.** Beitræge zur Naturgeschichte der kleinsten Wasserthiere, p. 86, Tab. VII, f. U, X, Y.

Décrit le *Vibrio malleus* de Müller (*Cerc. furcata* Nitzsch) sous le nom assez caractéristique de *Zirkelthier* (animal compas), désignant par là la bifurcation en deux pointes aiguës de l'extrémité postérieure de la queue de cette Cercaire.

1794. **Abildgaard.** Scrivter af Naturhistorie. Selskab III, t. I, 89, Tab. III, *a* 1—4.

Décrit sous le nom de *Cerc. varicans* une Cercaire trouvée libre dans l'eau, à ventouse ventrale nulle, et munie d'une queue fourchue à la pointe.

1800. **Zeder.** Nachtrag zur Naturgeschichte der Eingeweidewürmer, p. 187.

Le premier qui ait observé les embryons d'un Distomide, l'*Amphistoma subclavatum*, dont il vit les petits vivants se mouvoir très-activement dans la portion la plus large du corps de leur mère, et après en être sortis, continuer avec la même activité leurs mouvements dans l'eau froide.

1810. **Ahrens.** Magazin der Gesellschaft naturforschender Freunde, t. IX, f. 19, p. 293.

Auteur de la découverte du parasite remarquable du *Succinea amphibia*, décrit plus tard par Carus sous le nom de *Leucochloridium paradoxum*.

1817. **Nitzsch,** C.-L. Beitræge zur Infusorienkunde, oder Naturbeschreibung der Zerkarien und Bazillarien.

Le genre *Cercaria* de Müller, jusqu'alors composé des éléments les plus hétérogènes, et renfermant les êtres les plus dissemblables, est remanié par Nitzsch, qui n'y fait rentrer qu'un petit nombre de formes

encore connues, mais que leur taille et leur organisation plus élevée éloignent considérablement de toutes celles qui jusqu'alors leur avaient été associées. Dès ce moment, le genre Cercaire ne renferme plus que des êtres que les travaux subséquents démontreront être des larves de Distomides. Nitzsch décrit dans son ouvrage les principales Cercaires connues, signale l'existence d'un intestin et souvent de taches colorées, et observe le premier l'enkystement de quelques espèces, et leurs rapports avec les mollusques d'eau douce.

1818. **Bojanus**, L.-H. Notice sur les Cercaires. Oken. Isis., p. 729, Tab. IX, A, B, C, D, E, F.

Observation des plus importantes et restée célèbre dans la science, car c'est la première qui ait fait connaître avec quelques détails une phase nouvelle du développement des Trématodes, l'état *nourrice*, et constaté que les Cercaires naissaient et se développaient dans l'intérieur de ces organismes nouveaux.

C'est sur des individus du *Lymnæus stagnalis*, autour desquels se trouvaient en abondance des Cercaires assez volumineuses, que Bojanus découvrit sous la peau et dans la substance même du foie, une grande quantité de vers cylindriques vivants, que d'après leur coloration il nomma *Vers jaunes* (königsgelbe Würmer), nom qui leur est longtemps resté.

Ces vers jaunes, remarquables par l'existence de deux prolongements obliques situés vers leur tiers postérieur, maintenant connus sous le nom de Rédies de la *Cerc. echinata*, renfermaient, à différents degrés de développement, de petits animaux dont les plus avancés étaient identiques aux Cercaires qui nageaient librement dans l'eau autour des mollusques, d'où Bojanus conclut que ces dernières devaient provenir également des vers jaunes. Cette découverte de Bojanus était des plus importantes, en ce que rattachant l'existence de la forme Cercaire à une autre forme préexistante, et qui lui donnait naissance, les Cercaires ne pouvaient plus être regardées comme des êtres indépendants, comme on l'avait fait jusqu'alors.

1825. **Bory de St.-Vincent.** Dictionnaire classique d'Histoire naturelle, article *Histrionelle*, t. VIII, p. 252.

L'auteur de cet article, qui paraît ignorer les travaux de Nitzsch ainsi que ceux de Bojanus, établit ce genre *Histrionella* (famille des Cercariées), pour quelques formes de Cercaires remarquables par leur plus grande taille et la complication de leur organisation ; c'est-à-dire précisément pour celles dont Nitzsch avait déjà fait son genre Cercaire. Ce dernier nom, ayant la priorité, a été avec raison conservé par tous les auteurs.

1826. **Bær.** Beitræge zur Kenntniss der niedern Thiere. Nova Acta acad. Leop. Car. Nat. Cur., vol. XIII, pars. II, p. 570.

Mémoire remarquable dans lequel se trouvent décrites un grand nombre de formes nouvelles de Sporocystes contenant leurs Cercaires, et qui, par conséquent, vint, lors de son apparition, fournir des faits nom-

breux à l'appui de l'observation de Bojanus. Parmi les formes les plus remarquables, signalées pour la première fois par Bær et qui se rattachent à notre sujet, se trouvent le *Distomum duplicatum*, provenant d'un Sporocyste simple, parasite des mollusques acéphales d'eau douce; le *Bucephalus polymorphus*, forme très-singulière, prenant naissance dans de longs Sporocystes filiformes, et remarquable par son double prolongement caudal. Bær décrit, en outre, plusieurs espèces nouvelles de Cercaires et leurs Sporocystes, et donne quelques détails plus précis sur les Vers jaunes de Bojanus et leur contenu. — C'est dans ce même travail que Bær décrit un animal très-remarquable, découvert par lui dans la péricarde des Anodontes et des Unios, l'*Aspidogaster conchicola*.

1828. **Hemprich et Ehrenberg.** Symbolæ physicæ. Phytoz. Entozoa. Tab. VI, 3.

Le genre *Histrionella*, établi par Bory de St-Vincent, et, comme nous l'avons vu, à peu près synonyme du genre *Cercaria* de Nitzsch, est repris par les auteurs de cet ouvrage pour désigner les Cercaires pourvues de taches pigmentaires, et comprend, par conséquent, la *Cerc. ephemera* (Nitzsch), la *Cerc. lemna* (Müll.) (*Cerc. major*, Nitzsch), une espèce nouvelle, l'*Hist. alata* (Ehr.), et la *Cerc. inquieta* (Müller).

1831. **Mehlis.** Isis de Oken, p. 190.

Notice très-courte dans laquelle l'auteur constate, sans donner de détails, la présence de cils vibratils chez les embryons du *Dist. hians*.

1832. **Wagner,** R. Isis de Oken, p. 394, pl. 4.

Dans cette notice, l'auteur entre dans quelques détails assez circonstanciés sur la structure et l'organisation de quelques Cercaires, cependant encore trop imparfaitement définies, pour qu'on puisse déterminer d'une manière positive de quelles espèces il a voulu parler.

1832. **Nordmann,** A. Mikrographische Beitræge zur Naturgeschichte der wirbellosen Thiere. Erstes Heft.

Ouvrage rempli d'observations nouvelles sur les Parasites, tant intérieurs qu'extérieurs, des Vertébrés. Parmi les premiers se trouvent quelques Distomides qui habitent les humeurs de l'œil de quelques poissons d'eau douce, presque toujours en assez grand nombre. Parmi ces formes, Nordmann a établi quelques coupes nouvelles dont la valeur est contestable, car toutes sont miscroscopiques, encore incomplètes et nullement *adultes*. — L'auteur décrit, en outre, quelques espèces nouvelles de Distomides, dont une, le *Dist. rosaceum*, paraît n'être qu'une variété du *Dist. tereticolle*. — C'est dans la seconde partie de l'ouvrage, consacrée à la description d'Entomostracés parasites et à l'histoire des Lernées, que se trouve consignée, en note (page 139), une des observations les plus importantes que l'auteur ait faites sur les Trématodes : c'est la constatation de cils vibratils chez l'embryon du *Dist. nodulosum*, fait dont on ne connaissait encore qu'un seul exemple, celui du *Dist. hians*.

1833. **Carus,** C.-G. Beobachtung über Leucochloridium paradoxum. Nov. Act. acad. C. L. nat. cur. t. XVII, pars. I, p. 85, pl. 7.

L'auteur décrit dans ce Mémoire une forme extrêmement remarquable, parasite du *Succinea amphibia*, et qu'il nomme *Leucochloridium paradoxum*, nom qui exprime à la fois les caractères les plus frappants de cet organisme, et le doute quant à la vraie signification. Ce n'est que plus tard, en effet, que les progrès de la question devaient permettre de reconnaître dans ces longs tubes transversalement parcourus par des taches foncées et des bandes colorées, et renfermant des petits animaux très-semblables à des Distomes, de véritables Sporocystes d'une nature et d'une forme toutes spéciales, il est vrai, mais jouant le même rôle dans le développement de l'espèce, et ayant, par conséquent, la même signification.

1834. **Wagner,** R. Isis de Oken, p. 132, Tab. I, f. 4.

Observation sur l'organisation d'une Cercaire de grande taille, sur laquelle Wagner, outre l'intestin et les ventouses, constate à l'extrémité antérieure la présence d'un stylet très-mobile, ce qui a fait généralement croire que l'auteur a eu sous les yeux la *C. armata*. Mais les découvertes récentes ont tellement multiplié le nombre des Cercaires armées d'un stylet antérieur, que cette détermination perd beaucoup de sa certitude.

1835. **Siebold** (C. von). Wiegmann's Archiv, vol. I, p. 49, tab. I. Sur le *Monostomum mutabile*.

Mémoire célèbre dans lequel l'auteur, après une description très-exacte du *Monostomum mutabile*, en fait connaître les œufs et les embryons. Ceux-ci, d'une forme très-remarquable, sont couverts de cils vibratils, et renferment dans leur intérieur un second corps vivant, qui survit à la mort de l'embryon, lequel se décompose et disparaît ; ce corps intérieur, d'une forme toute particulière, manifeste par ses mouvements une vitalité propre ; mais au bout d'un certain temps de séjour dans l'eau, il périt également faute des conditions nécessaires à son développement.

La ressemblance très-grande de ce corps, produit dans l'embryon, avec les *Vers jaunes de Bojanus*, était de nature à autoriser la supposition que, comme ces derniers, le premier devait être une nourrice. C'est ce que les découvertes récentes ont confirmé complètement. L'observation de Siebold était donc de la plus haute importance, parce qu'elle jetait un grand jour sur les rapports encore inconnus de deux des phases du développement des Distomides, et comblait une lacune importante en permettant, au moins, d'entrevoir comment les Sporocystes (Vers jaunes) pouvaient provenir de la forme embryonnaire.

1835. **Henle.** Müller's Archiv, p. 597.

Notice très-courte sur de petits Distomes habitant le *Planorbis corneus*, et renfermés individuellement dans des kystes.

1837. **Dujardin,** F. Embryon des Entozoaires et ses mouvements dans l'œuf. — Annales des Sc. Nat., IIe Série; t. VIII. p. 303, pl. 9, f. 3.

Contient la description de l'œuf et de l'embryon couvert de cils vibratils du *Dist. cygnoides*.

1837. **Creplin.** Ersch et Gruber, Encycl. XXIX, p. 324.

Constate la présence de cils vibratils sur l'embryon du *Dist. globiporum*.

1837. **Filippi** (Ph. de). Biblioteca italiana, LXXXVII; 334, f. 1—5. —336, f. 6—7. — 337, f. 8—14. — 338, f. 15—18.

Contient la description de plusieurs formes nouvelles dont la plupart ont été, de la part de l'auteur, le sujet de recherches toutes récentes, qui ont donné des résultats fort intéressants consignés dans ses derniers travaux. Les formes décrites dans ce premier travail de M. de Filippi, sont :

Le *Diplodiscus Diesingii*, qui n'est autre que la Cercaire de l'*Amphist. subclavatum* des Batraciens.

La *Redia gracilis*, nourrice de la Cercaire précédente.

Le *Distoma polymorphum*, qui est une vraie Cercaire.;

Le *Dist. virgula (Cerc. virgula)*, qui est dans le même cas.

Enfin, l'*Heterostomum echinatum*, dépourvu de queue, et vivant à la surface du corps de la *Palud. impura*.

1837. **Siebold** (C. von). Müller's Archiv, 388.

Signale sans les décrire deux espèces de Cercaires trouvées avec leurs Sporocystes; l'une dans le foie de la *Cyclas rivicola (Cerc. Cycladis rivicolæ)*; l'autre, dans l'ovaire de la *Tellina baltica (Cerc. Tellinæ balticæ)*.

1838. **Siebold** (C. von). Physiologie de Burdach, t. III (traduction franç.), p. 35.

Résumé général des connaissances acquises sur le développement des Trématodes, comprenant beaucoup de faits nouveaux sur la formation et le développement de l'œuf, l'organisation des embryons observés, ciliés ou non; celle de quelques nourrices; le développement des Cercaires dans leur intérieur, enfin l'enkystement de celles-ci.

1838. **Gurner.** Isis de Oken, p. 830.

Notice peu saillante sur le *Bucephalus polymorphus* (Bær).

1839. **Siebold** (C. von). Wiegmann's Archiv, II, p. 165.

Compte-rendu du travail précédent dans la revue Helminthologique.

1842. **Steenstrup**, J.-J. Ueber den Generationswechsel oder die Fortpflanzung und Entwickelung durch abwechselnde Generationen, etc., p. 50—116. Tab. II et III.

Ouvrage remarquable qui a fait époque dans la science, et dans lequel l'auteur a entrepris de coordonner les faits jusqu'alors épars relatifs au développement des Trématodes, et de rattacher les unes aux autres les différentes phases si dissemblables entre elles de ce développement. Le premier, il établit l'analogie complète existant entre ces diverses phases et celles du développement d'un tout autre ordre d'animaux, les Hydroméduses, et consacra cette analogie en appliquant aux phases correspondantes de ces deux séries de développement, les mêmes désignations. Ce mode de reproduction commun, à deux ordres d'animaux très-éloignés, et que les recherches modernes ont retrouvé dans plusieurs autres, méritait un nom spécial : Steenstrup créa celui de GENERATIONSWECHSEL ou *génération alternante*, expression assez généralement adoptée jusqu'à ces derniers temps, où on lui a substitué celle de *métagénèse*.

Les considérations philosophiques développées dans cet ouvrage, sont appuyées de recherches nombreuses et suivies, qui ont fourni à l'auteur une foule de faits nouveaux décrits avec le plus grand détail, sur le développement des nourrices (Ammen), leur habitat, leur usage; sur la formation et la croissance des Cercaires auxquelles elles donnent naissance, et qu'elles nourrissent jusqu'au moment où celles-ci sont assez développées pour se suffire à elles-mêmes; enfin, sur les premières phases des métamorphoses des Cercaires. Ces recherches, qui portent surtout sur trois espèces, les *Cerc. echinata, armata* et *ephemera*, et qui sont accompagnées de nombreuses figures, ne constituent pas la partie la moins importante de l'ouvrage de Steenstrup, qui, à part quelques erreurs de détail, inévitables dans un travail de cette étendue, est encore un des travaux les plus remarquables que la science possède sur la génération alternante.

1843. **Siebold** (C. von). Wiegmann's Archiv, II, p. 320—327. Bericht über die Leistungen im Gebiete der Helminthologie wæhrend des Jahres 1842; — et Müller's Archiv, VI, Heft LVII—LX, p. 91.

Compte-rendu et analyse de l'ouvrage de Steenstrup, *Ueber den Generationswechsel*, etc., contenant quelques remarques critiques et des rectifications sur quelques erreurs d'observation commises par cet auteur.

1843. **Kölliker**, A. Beitræge zur Entwickelungsgeschichte wirbelloser Thiere. Müller's Archiv, p. 99.

Travail fort étendu et comprenant un grand nombre d'observations sur le développement de différents Helminthes, dont une relative aux Trématodes et pour laquelle nous citons ici ce Mémoire, traitant de la formation et du développement de l'embryon du *Dist. tereticolle*. Cette observation est assez importante, d'abord parce les documents que la science possédait sur ce point étaient à peu près nuls, mais surtout

parce qu'elle constate un mode de formation tout particulier des cellules embryonnaires, mode que Kölliker a observé dans plusieurs Nématoïdes et un Botryocéphale, et qui est caractérisé par une formation spontanée, de toutes pièces, des cellules embryonnaires au sein du vitellus, et non par la segmentation de celui-ci.

1845. **Dujardin**, F. Histoire naturelle des Helminthes. Trématodes, p. 319–482.

Ouvrage remarquable, dans lequel son auteur a recueilli des matériaux immenses, et consigné une multitude de faits nouveaux du plus haut intérêt. Malheureusement, le manque complet de tables le rend peu pratique, ce qui est un grave défaut pour un ouvrage de ce genre, d'ailleurs encore un des plus complets qui existe sur les Vers intestinaux.

1846. **Meckel.** Müller's Archiv, p. 5, pl. I, fig. 2.

Description d'un jeune Distome analogue au *D. luteum* (Bær), observé dans le rein de l'*Helix pomatia*.

1848. **Siebold** (C. von). In Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Art. *Parasiten*, t. II, p. 669.

Résumé de l'histoire du développement des Trématodes, auquel l'auteur joint quelques détails nouveaux sur les mœurs de la *Cerc. armata*, dont l'enkystement a lieu dans les larves d'insectes aquatiques, dans lesquelles elle s'introduit au moyen du spicule dont elle est armée.

1849. **Siebold** et **Stannius.** Anatomie Comparée (trad. française). Animaux invertébrés par Siebold, t. I, Livre V. Helminthes.

Contient, outre de nombreux faits sur l'organisation des Trématodes en général, un résumé sur leur développement et leurs différentes formes transitoires.

1849. **Carus**, V. Zur næhern Kenntniss des Generationswechsels, p. 9—20, Tab. I.

La partie de cette notice consacrée aux Trématodes contient des observations très-exactes sur l'organisation et le développement de la *C. armata* et de ses Sporocystes.

1850. **Diesing**, C.-M. Systema Helminthum, vol. I, p. 292.

Comme l'indique son titre, cet ouvrage est un traité zoologique des Helminthes, le plus complet qui ait paru jusqu'à ce jour. Dans ce traité, Diesing n'a tenu aucun compte des nombreux faits acquis sur le développement des Trématodes, et persiste à regarder comme formes zoologiques distinctes, les Cercaires qui, étant positivement des formes transitoires, ne peuvent entrer dans un système de classification où elles figurent déjà comme adultes. Diesing les place néanmoins en tête des Trématodes proprement dits, dans

une division spéciale, et les divise en tribus, sous-tribus, et genres, d'après différentes modifications dans leur apparence extérieure.

1850. **Müller,** J. Müller's Archiv, p. 496.

Description de trois formes nouvelles de Cercaires marines, très-remarquables par leur apparence extérieure et leur structure. Elles sont figurées dans la Pl. II, fig. I-IV du beau travail que vient de publier M. de La Vallette Saint-Georges, *Symbolæ ad Trematodum evolutionis historiam.* (Berlin. 1855.)

1853. **Siebold** (C. von). Ueber Leucochloridium paradoxum. Zeitschrift für wissensch. Zoologie von Siebold und Kölliker. Band IV, p. 425, pl. XVI, B.

Ce parasite très-singulier, connu seulement depuis la description qu'en avait donné Carus (1833), est dans ce Mémoire le sujet d'un examen approfondi, et empreint de ce cachet d'exactitude qui caractérise tous les travaux de M. de Siebold. Les erreurs d'observation ou d'interprétation commises par les auteurs antérieurs, y sont soigneusement relevées et rectifiées.

1853. **Bilharz.** Lettres à de Siebold sur le *Dist. hæmatobium,* insérées dans *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie von Siebold et Kœlliker.* T. IV, p. 59, 71.

Contiennent la description de ce Distome habitant le sang de la veine-porte de l'homme en Egypte, et remarquable en ce qu'il a les sexes séparés, et constitue ainsi une exception à la généralité des Trématodes, qui sont hermaphrodites. Les embryons de cette espèce, dont les œufs ont été trouvés dans différentes parties du corps, principalement dans certaines altérations des muqueuses, à la suite d'affections inflammatoires, sont couverts de cils vibratils.

1854. **Van Beneden,** G.-J. Mémoire présenté au concours pour le grand prix des sciences physiques pour 1853.

Ce travail encore inédit, et qui paraît renfermer un grand nombre d'observations nouvelles sur le développement des Trématodes, ne nous est encore connu que par l'analyse qu'en donne M. A. de Quatrefages dans son rapport sur les Mémoires présentés au concours pour le prix des sciences physiques pour 1853, inséré dans les *Annales des Sciences Naturelles ; 4e série, Tome I, p. 1—37.*

1854. **Siebold** (C. von). Ueber die Band- und Blasenwürmer, nebst einer Einleitung über die Entstehung der Eingeweidewürmer, p. 15—30, fig. 1—16.

Résumé contenant quelques considérations sur la génération alternante, la signification et les rapports réciproques des différentes phases de l'évolution des Trématodes, et la description du développement et

des métamorphoses de quelques Cercaires, accompagnée d'un certain nombre de figures sur bois intercalées dans le texte.

1854. **Claparède,** E. Résumé des travaux les plus récents sur la génération alternante et sur les métamorphoses des animaux inférieurs. Bibl. universelle de Genève. (Mars et Avril 1854.)

Dans ce petit opuscule, dû à la plume habile d'un compatriote et d'un ami, l'auteur résume avec beaucoup de clarté et de concision l'histoire de la reproduction de plusieurs groupes d'animaux inférieurs chez lesquels les phénomènes du développement ont présenté quelque singularité. Cette esquisse des faits actuellement assez nombreux qui peuvent être rapportés à la métagénèse, est suivie de quelques considérations sur la métamorphose et la métagénèse en général, sur les caractères distinctifs de ces deux ordres de phénomènes, et sur la part plus ou moins grande pour laquelle chacun d'eux paraît intervenir dans les divers modes de développement des animaux inférieurs.

1854. **Filippi** (Ph. de). Mémoire pour servir à l'Histoire génétique des Trématodes. (Mémoires de l'Acad. de Sciences de Turin. Série II, t. XV.)

Mémoire consacré à la description de plusieurs espèces nouvelles de Cercaires et de leurs Sporocystes, et contenant un grand nombre de détails intéressants sur leur organisation, leurs mœurs et leurs métamorphoses. On peut reprocher à ce travail quelques descriptions insuffisantes et pas assez comparatives, mais auxquelles suppléent fort heureusement les deux planches d'une belle exécution qui accompagnent le Mémoire, et dans lesquelles sont figurées toutes les formes décrites dans le texte.

1854. **Lacaze-Duthiers.** Mémoire sur le Bucéphale Haime. *(Bucephalus Haimeanus.)* Annales des Sciences Nat., 4e Série, t. I, p. 294, pl. VI.

Description d'une nouvelle espèce de Bucéphale, voisine du *Bucephalus polymorphus* (Bær), mais en différant par quelques détails de structure, et surtout par son habitat dans les organes génitaux de plusieurs espèces d'Acéphales marins.

1855. **Aubert,** H. Ueber das Gefæsssystem, die Geschlechtsverhæltnisse, die Eibildung und die Entwickelung des *Aspidogaster conchicola*. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie v. Siebold und Kölliker, t. VI, p. 349.

Bien que l'*Aspidogaster conchicola* ne rentre pas dans la catégorie des Trématodes à génération alternante, et soit par conséquent étranger à notre sujet, nous croyons devoir citer ici le travail de M. Aubert, le plus complet qui ait paru sur l'Aspidogaster, et dans lequel, entre autres résultats importants, se trouvent complètement confirmés les faits déjà antérieurement signalés par d'autres observateurs, à savoir l'éclosion des jeunes dans l'utérus maternel, et leur retour à la forme adulte par *simple métamorphose*, et nullement par génération alternante.

1855. **Filippi** (Ph. de). Extrait d'une lettre à M. Milne Edwards sur de nouvelles observations sur le développement des Trématodes. Ann. des sc. nat. 4e Série, t. III, p. 111.

Dans laquelle l'auteur rend brièvement compte de plusieurs observations nouvelles signalées tout au long dans le Mémoire suivant.

1855. **Filippi** (Ph. de). Deuxième Mémoire pour servir à l'histoire génétique des Trématodes. (Mém. de l'Acad. des Sciences de Turin. Série II, t. XVI.)

Ce Mémoire, digne de son prédécesseur (1854), renferme des observations du plus haut intérêt, et qui viennent jeter un nouveau jour sur la question du développement des Trématodes, et confirmer complètement les conclusions déduites des travaux antérieurs. Plusieurs formes nouvelles de Sporocystes et de Cercaires, décrites et figurées avec soin, et des détails circonstanciés sur leurs mœurs et leurs transformations, viennent encore ajouter à l'intérêt de ce travail.

1855. **La Vallette St.-George** (A. de). Symbolæ ad Trematodum evolutionis historiam.

Mémoire très-remarquable contenant la description de plusieurs espèces nouvelles de Sporocystes et de Cercaires. L'auteur a le mérite d'être le premier qui ait réussi à obtenir la transformation complète des Cercaires, dans l'intestin d'animaux vertébrés, en Distomides adultes par voie d'expérimentation. Après un grand nombre d'essais, il a vu ses efforts couronnés de succès, et est arrivé à déterminer ainsi très-approximativement les formes adultes des trois espèces de Cercaires sur lesquelles ont porté ses expériences. Deux planches très-bien exécutées, dans lesquelles sont figurées toutes les formes décrites dans le texte, accompagnent ce mémoire, une des plus belles et la dernière publication qui ait été faite sur le développement des Trématodes, et qui clôt par conséquent cette énumération bibliographique.

FIN DE LA PREMIÈRE PARTIE.

NOTICE

SUR

QUELQUES SPOROCYSTES TERRESTRES.

DEUXIÈME PARTIE.

Notice sur de nouveaux Sporocystes parasites des mollusques du genre Limax.

Tab. VIII et IX.

Comme on a pu le voir dans la première partie de ce travail, la plupart des jeunes états de développement des Distomides sont parasites des mollusques aquatiques, tant fluviatiles que marins. Quelques Distomes non adultes signalés par les auteurs dans quelques espèces du genre Helix, et les Sporocystes observés par de Siebold dans l'*Helix pomatia* et par Dujardin dans l'*Helix aspersa* (voir Ire partie de ce Mém., § **76**, 10, 12), étaient encore jusqu'à présent les seuls faits connus qui pussent autoriser à attribuer aux gastéropodes complètement terrestres un rôle analogue, en tant que conditions d'existence et de développement des premiers degrés de l'évolution des Distomides, à celui dont la plupart de leurs congénères aquatiques fournissent des exemples aussi nombreux que variés. L'existence dans deux de nos mollusques terrestres les plus communs, les *Limax cinerea* et *rufa*, de Sporocystes parfaitement définis, est donc, dans l'état actuel de la question, un fait intéressant presque nouveau, et qui mérite d'être examiné avec quelque détail.

Les Sporocystes dont nous allons parler paraissent appartenir au groupe des Sporocystes sacciformes, tant par leur organisation propre, que par celle des formes larvaires qu'ils produisent, et qui, malgré la différence de milieu, possèdent les deux caractères communs à la grande majorité des Cercaires provenant des Sporocystes du premier type, et qui sont : l'existence d'un *stylet* antérieur, et d'une queue, rudimentaire il est vrai, impropre à la locomotion, mais qui existe cependant. C'est donc dans ce premier groupe (§ **76,** 11) que nous les avons placés, à côté de quelques formes déjà indiquées dans les mollusques terrestres, rapprochement basé, faute d'autres éléments de comparaison, sur l'analogie de l'habitat.

PREMIÈRE OBSERVATION.

Sporocystes parasites de la *Limax cinerea.*

SPOROCYSTES. (Tab. VIII, Fig. 12, 13.)

Ces Sporocystes sont généralement assez volumineux, visibles à l'œil nu ; leurs dimensions, variables suivant leur état de contraction, sont comprises entre $0^{mm},6$ et $1^{mm},5$ environ pour la longueur, et $0^{mm},4$ à $0^{mm},5$ pour la largeur.

Leur forme générale est assez remarquable, et rappelle celle d'une bouteille à goulot court, c'est-à-dire qu'on leur distingue deux parties, l'une ovoïdo-cylindrique, élargie, l'autre beaucoup plus mince, formant un petit prolongement conique en forme de cou, placé à une des extrémités de la première. Le tissu de ces Sporocystes est peu consistant, et se déchire facilement ; leur couleur jaunâtre, à la lumière transmise, est d'un blanc opalin à la lumière directe.

La contractilité de leur tissu n'est pas la même partout ; très-faible dans la portion élargie, elle est au contraire très-énergique dans le petit prolongement antérieur, qui peut en se contractant rentrer entièrement, de manière à disparaître.

L'enveloppe extérieure (fig. 13, *c*) ou peau de la nourrice, est une membrane très-mince, très-transparente, et parsemée de fines granulations très-pâles, quoique nettes. Sous l'influence de la moindre compression, elle se déchire et laisse alors échapper tout son contenu. Sur plusieurs points, on remarque à sa face interne des plaques plus ou moins considérables et irrégulières, d'un épithélium pavimenteux dont on retrouve des lambeaux tombés naturellement dans son contenu liquide, et mêlés avec les éléments de celui-ci. Cet épithélium (pl. IX, fig. 2) est formé de cellules ayant de $0^{mm},020$ à $0^{mm},025$ de diamètre, irrégulièrement polyédriques, incolores, parsemées de granulations foncées, très-rapprochées et également distribuées dans la masse des cellules. Dans l'intérieur de celles-ci, se trouve un noyau de $0^{mm},007$ à $0^{mm},012$ de diamètre, ovoïde, plus ou moins allongé, plus transparent que le reste de la cellule, peu granuleux et à contours très-nets.

Le prolongement en forme de cou ou de goulot (Tab. VIII, 11, 12, *b*) qui occupe une des extrémités du corps de la nourrice, a, dans l'état d'extension, environ 0,16 de long, sur 0,13 de large à sa base. De forme conique, ou cylindrique, ses dimensions et sa forme varient d'ailleurs beaucoup suivant l'état de contraction de la nourrice; très-contractile lui-même, il peut disparaître complètement : on remarque alors, à l'extrémité antérieure du Sporocyste (13, *b*), une surface plane sur laquelle on retrouve les détails de structure qui caractérisent ce prolongement, et qui permettent toujours de déterminer sa place. D'un tissu plus consistant et plus opaque que le reste de l'enveloppe du Sporocyste, dont il n'est du reste que la continuation plus épaissie, il présente un aspect strié circulairement et longitudinalement, qui est dû à la présence de deux sortes de fibres, les unes annulaires, les autres longitudinales, qui rayonnent du sommet jusqu'à la base du prolongement, et se perdent insensiblement en s'épanouissant dans la peau du corps du Sporocyste. Cette conformation est importante à signaler, car elle est en rapport avec un point intéressant des habitudes de ces organismes, dont nous aurons à nous occuper plus bas. A l'extrémité de ce prolongement on voit une petite excavation peu profonde (Tab. VIII, fig. 11, 12, 13, *a*), circulaire ou légèrement ovoïde, qui paraît devoir jouer le rôle d'une ventouse, l'absence de tube digestif ne permettant pas de la regarder comme une bouche. Quand le prolongement est tout-à-fait contracté, il n'y a plus qu'une surface plane circulaire, à l'extrémité

qu'il occupait précédemment, et sur laquelle on aperçoit très-distinctement les fibres annulaires concentriques, entrecroisées avec les longitudinales rayonnantes, et au centre de ce disque strié, une petite ouverture à bords un peu relevés en bourrelet. (Tab. VIII, fig. 13, *a*.)

L'opacité que donnent à cette portion du corps son épaisseur et sa structure fibroïde, est encore augmentée par la présence dans son tissu d'une quantité de granulations pigmentaires jaunâtres ou brunâtres qui n'existent pas dans le reste du corps du Sporocyste.

La membrane extérieure de la nourrice est douée d'une certaine contractilité, ou tout au moins d'une assez grande élasticité, qui lui permet de revenir fortement sur elle-même, aussitôt qu'une déchirure vient offrir une issue au contenu qui la distend.

Celui-ci est composé d'une subtance demi-liquide, visqueuse, qui forme des traînées lorsqu'elle arrive au contact de l'eau, et renferme des granulations pâles, et des vésicules ou globules (Tab. VIII, fig. 13, *d*) en quantité variable, ayant de 0^{mm},005 à 0^{mm},006 de diamètre, parfaitement sphériques, à contours très-fins et pâles, quoique très-distincts, et présentant tous les caractères des gouttelettes d'albumine.

On trouve encore nageant dans cette masse liquide des cellules sphériques (Tab. IX, fig. 1, *b*), ayant de 0^{mm},011 à 0^{mm},013 de diamètre, très-pâles, faiblement granuleuses et contenant dans leur intérieur un noyau sphérique ou ovoïde, ayant de 0^{mm},004 à 0^{mm},006 de diamètre, jaunâtre, à contours foncés, et parsemé d'un petit nombre de granulations noirâtres, dont une quelquefois plus grosse que les autres, formant un nucléole. On trouve souvent les noyaux (fig. 1, *c*) de ces cellules, libres dans le liquide, et accompagnés d'autres noyaux plus gros (fig. 1, *a*) ayant 0^{mm},008 de diamètre, quelques granulations foncées, et toujours un nucléole jaunâtre très-évident.

Enfin, des fragments de l'épithélium pavimenteux de la face interne de la peau dont nous avons déjà parlé.

La partie centrale du corps de la nourrice est occupée par un long boyau inerte (Tab. VIII, 11, 12, 13, *ee*), rempli d'un liquide transparent un peu plus dense que

l'eau, et dans lequel nagent librement les Cercaires, au nombre de 10 à 12, que chaque nourrice produit.

Ce boyau étendu (fig. 13, *e*) a $0^{mm},8$ à $0^{mm},9$ de long, sur $0^{mm},25$ à $0^{mm},30$ de large. Il est cylindrique, arrondi à ses deux extrémités, incolore, très-transparent, entièrement fermé de toutes parts. Il est formé d'une membrane épaisse de $0^{mm},005$ environ, homogène, sans structure, transparente, assez dense et résistante, à contours foncés, et complètement inerte. Il est donc obligé de se replier sur lui-même lorsque la nourrice se contracte, et ce n'est guère que sous une forme plus ou moins ramassée et plissée (fig. 12, *ee*), qu'on peut l'observer par transparence dans l'intérieur de la nourrice, rarement assez étendue pour que le boyau puisse s'y déployer dans toute sa longueur. Lorsqu'on comprime le Sporocyste, le boyau s'échappe par la déchirure et s'étale de lui-même; on peut alors l'observer, ainsi que les Cercaires qu'il renferme, avec la plus grande facilité.

Les Cercaires (fig. 13, *ff*, et fig. 19, 20) contenues dans ce boyau, au nombre de 10 à 12, sont toutes arrivées exactement au même degré de développement et sont toutes identiques, comme du reste les nourrices les ont entre elles lorsqu'elles sont arrivées sur la peau des limaces qui, comme nous le verrons plus tard, n'est pas leur séjour habituel, et même ne l'est que très-passagèrement.

CERCAIRES. (Tab. VIII, Fig. 19, 20.)

Corps long de $0^{mm},14$ à $0^{mm},28$ suivant l'état de contraction, et d'une forme très-variable pour la même raison, tantôt ramassé en une masse ovoïde aussi large que haute, tantôt très-allongé, aminci et un peu aplati.

Contracté, le corps est renflé au milieu, un peu conique en arrière, arrondi et tronqué en avant, et a alors $0^{mm},14$ de long sur $0^{mm},08$ de large. Partout la section de l'animal est ronde, et a les mêmes dimensions en largeur et en hauteur. A partir de l'extrémité antérieure le corps se renfle fortement, et de là va s'atténuant de nouveau jusque vers l'extrémité postérieure. — Tissu d'une couleur jaunâtre, granuleux, demi-transparent.

La face dorsale est lisse, seulement convexe dans la partie opposée à la ventouse ventrale.

La face ventrale, très-convexe vers le milieu du corps, présente à l'extrémité antérieure une surface plane transparente (*c*), à contours encore mal indiqués et d'apparence très-faiblement striée, c'est la ventouse antérieure. Une fente transversale (*b*) un peu sinueuse, ayant 0^{mm},02 de large, indique la position de la bouche.

Derrière celle-ci, dans l'épaisseur même du tissu de la ventouse, on aperçoit un petit stylet allongé (*a*), pointu antérieurement; formé d'une substance cornée, qui se ramollit dans les acides et les alcalis.

Immédiatement après la ventouse antérieure, la face ventrale se relève en un mamelon très-considérable, indiqué par un sillon transversal sinueux (19, 20, *d*), sur le sommet duquel se trouve la ventouse médiane (*e*), située à 0^{mm},046 de la première, par conséquent un peu avant le milieu de la longueur du corps. Cette ventouse a la forme d'un disque ovoïde placé transversalement, ayant 0^{mm},045 de large sur 0^{mm},037 de long, pourvu dans sa partie centrale d'une fente transversale (*f*) de 0^{mm},015 de large, dont les bords sinueux, soutenus par une couche d'une substance plus dense, un peu cornée, présentent un double contour foncé dû à la plus grande réfringence de cette portion du tissu. Cet orifice est susceptible de se dilater considérablement, et a une profondeur de 0^{mm},035. Le tissu de la ventouse est musculaire, très-transparent, et présente des stries rayonnant depuis l'orifice central jusqu'au bord extérieur. Cette zône striée, assez large quand la ventouse est fermée, peut en se contractant se rétrécir considérablement, et dilater par ce moyen l'orifice central.

A partir de la ventouse ventrale, le corps se rétrécit graduellement jusqu'à l'extrémité postérieure qui est tronquée, a environ 0^{mm},027 de large, et forme une petite facette sur laquelle est attaché un petit appendice (*h*) triangulaire à angles arrondis, long de 0^{mm},03, inséré de manière à boucher l'orifice de la cavité excrétoire, et qui paraît représenter à l'état rudimentaire l'appendice caudal plus développé, qui occupe la même place dans les Cercaires aquatiques.

Appareil digestif non apparent, à l'exception de la bouche (*b*), placée sous forme d'une fente transversale, au centre de la ventouse buccale; on aperçoit sur le profil de la larve le commencement du tube œsophagien creusé dans le tissu de la ventouse et se dirigeant en arrière, mais on ne peut le suivre plus loin.

Dans la partie postérieure du corps, sur la ligne médiane, on aperçoit un trait longitudinal (*g*), sinueux, s'étendant depuis l'extrémité caudale jusqu'au milieu de la moitié postérieure du corps, qui est le premier indice de la cavité excrétoire. Autour de cette ligne, le tissu du corps est plus granuleux, plus opaque et d'une couleur jaune très-prononcée.

La masse du corps est formée d'un tissu demi-transparent, jaunâtre, faiblement granuleux, peu consistant et se décomposant rapidement, avec expansions sarcodiques, au contact de l'eau. L'appendice caudal transparent, pourvu de quelques granulations plus foncées, présente dans sa partie centrale un petit espace clair qui ressemble à une cavité.

La peau transparente, peu épaisse, présente des rides transversales irrégulières, quand l'animal est contracté.

Ces Cercaires, très-vivaces, s'agitent constamment au sein du liquide qui remplit le boyau dans lequel elles sont enfermées.

Les Sporocystes de la *Cerc. limacis,* tels que je viens de les décrire avec leur contenu, paraissent avoir atteint leur maximum de développement. C'est du moins à cet état que je les observai pour la première fois (Mars 1854), sur les parois d'un bocal contenant quelques limaces grises (*Limax cinerea*), et dans les traînées de mucus que ces mollusques déposent sur le plan de reptation pendant leur marche. En examinant ensuite les limaces elles-mêmes, j'en remarquai une dont la surface de la peau était parsemée de ces mêmes Sporocystes. Je la mis dans un bocal à part, après avoir enlevé avec soin tous ceux qui se trouvaient à sa surface. Je ne tardai pas, quelques heures après, à en retrouver de nouveaux que j'enlevai de même. Le lendemain, j'en pus compter un nombre considérable, tant sur les parois du bocal, que sur la limace elle-même. Cette production abondante de Sporocystes alla croissant tous les jours jusqu'à ce qu'enfin le mollusque, probablement épuisé par cette multitude de parasites qu'il hébergeait, mourut environ quinze jours après que j'eusse remarqué pour la première fois le phénomène dont il était le siége.

Vers les derniers temps, la limace déposait jusqu'à 50 ou 60 Sporocystes par jour; un peu moins dans le commencement. J'eus donc de nombreuses occasions de les étudier ainsi que leur contenu, et je pus ainsi constater que tous étaient exactement

semblables sous tous les rapports ; je ne trouvai pas une seule nourrice plus ou moins développée que les autres, pas une seule Cercaire qui m'offrît la moindre trace d'un degré de développement plus avancé.

J'en conclus donc qu'arrivées à ce point dans leur évolution, les nourrices sortaient de la limace et arrivaient à l'extérieur, où, entraînées avec les couches de mucus dont ces mollusques ont coutume de se dépouiller de temps en temps (surtout lorsqu'ils sont incommodés par la présence d'un corps étranger), elles étaient déposées avec lui sur les corps environnants, comme tout autre corps inerte. Arrivées à ce point de leur évolution, les nourrices sont très-peu vivaces et incapables de changer par elles-mêmes de place, les seuls mouvements qu'on remarque chez elles se bornant à quelques faibles contractions de leur partie antérieure ou cou.

En examinant attentivement la limace, je crus remarquer que les Sporocystes sortaient de la peau par un chemin qu'ils se pratiquaient eux-mêmes, et point par des ouvertures naturelles. Il n'y en avait pas un seul dans les déjections du mollusque ; au contraire, j'en trouvai à plusieurs reprises sur différents points de la peau à la fois, peu de temps après avoir complètement nettoyé celle-ci de tous ceux qui y étaient auparavant. Evidemment, ces singuliers parasites devaient, pour arriver ainsi à la surface de la peau de la limace, traverser celle-ci, qui, quoique assez épaisse, est d'un tissu très-peu compacte, poreux et d'une texture plutôt lâche, et peut facilement être perforée par des organismes de petite taille comme nos Sporocystes. C'est même à ce fait physiologique qu'il faut rattacher l'organisation toute spéciale de leur extrémité antérieure en forme de cou, dont les parois épaisses et très-contractiles ainsi que la callosité du pourtour de l'orifice qui la termine, font un organe suffisamment résistant pour s'insinuer entre les fibres musculaires et cellulaires du chorion d'un gastéropode.

En ouvrant la limace, je trouvai sa cavité intérieure remplie de ces mêmes parasites qui étaient éparpillés un peu partout dans le tissu cellulaire, à la surface interne de la peau, sur tous les organes qui occupent la cavité du corps. De plus, sur un des lobes du foie se trouvait un amas sphérique du volume d'un gros pois, entièrement constitué par une quantité innombrable de Sporocystes, maintenus et reliés par du tissu cellulaire de manière à former une masse compacte. Ce tissu cellulaire était continu avec la membrane de même nature qui recouvre

la surface du foie de ces mollusques, et paraissait n'en être qu'une hypertrophie locale occasionnée par la présence des parasites. Le tissu même du foie n'était pas envahi, mais seulement le tissu cellulaire enveloppant ou reliant les différents viscères. La plupart des Sporocystes, ainsi disséminés dans l'intérieur du mollusque, présentaient de grandes différences de taille, qu'un examen plus attentif me montra être en rapport avec des degrés d'évolution différents.

L'amas dont nous venons de parler, était principalement constitué par une agglomération de Sporocystes beaucoup plus petits que les autres ; les plus avancés se trouvaient, au contraire, plus ou moins enfoncés à la face interne de la peau, et paraissaient en voie de se frayer leur chemin pour arriver au dehors. Entre ces deux extrêmes, on pouvait reconnaître quelques états intermédiaires que nous allons décrire.

Développement des Sporocystes. (Tab. VIII, 1-12.)

A tous les états de leur évolution on peut reconnaître dans ces Sporocystes une enveloppe et un contenu distincts, dont les dimensions, la forme et l'organisation varient considérablement suivant le degré de développement auquel ils sont arrivés.

L'enveloppe est toujours, comme à l'état adulte, une membrane très-mince, finement ponctuée de granulations pâles, très-transparente, et comme tapissée de cellules à sa face interne. Ses modifications, pendant le cours du développement, consistent surtout dans des changements de dimensions et de forme.

D'abord entièrement sphérique et ayant $0^{mm},11$ à $0^{mm}.13$ de diamètre (fig. 1,2), elle s'allonge un peu en prenant une forme d'abord ovoïde ($0^{mm},26$) (fig. 3) qui tend peu à peu, au fur et à mesure de son accroissement en longueur et en largeur, à devenir à peu près cylindrique. (Fig. 4—10.)

Quand elle a atteint ses dimensions complètes (fig. 11), elle montre à une de ses extrémités un prolongement conique très-distinctement strié longitudinalement et circulairement (11, *b*). Il est très-probable que cette striation doit se montrer beaucoup plus tôt sur les Sporocystes plus jeunes, et sur une plus grande étendue de leur corps, ainsi que j'ai pu le constater sur ceux de l'*Arion rufus* dont nous parlerons plus tard, et j'ai tout lieu de croire que dans ceux dont il est maintenant

question et que je n'ai pu observer que morts, elle avait disparu par suite d'un commencement d'altération.

Le contenu des Sporocystes subit, au contraire, pendant le cours de leur développement, des modifications importantes, qui ont pour effet de le transformer en gemmes d'abord très-simples, devenant ultérieurement par métamorphose des Cercaires.

Dans tous les Sporocystes, le contenu consiste en un amas granuleux, jaunâtre, demi-liquide, renfermant une grande quantité de petites cellules très-pâles, peu granuleuses, contenant chacune un noyau sphérique ou ovoïde, parsemé de quelques granulations (Tab. IX, fig. 3), et un peu plus petits que ceux qu'on trouve libres dans les Sporocystes tout-à-fait développés.

Dans les plus petits (Tab. VIII, fig. 1, 2), le contenu remplit complètement la cavité circonscrite par l'enveloppe extérieure.

Plus tard, il paraît se condenser vers la partie centrale du Sporocyste (fig. 3–5), et y forme une masse plus consistante, ovoïde, occupant l'axe de la cavité, non entourée d'une membrane, et laissant entre elle et la face interne de l'enveloppe, une zone claire, transparente, occupée par un liquide tenant en suspension quelques cellules et noyaux libres, détachés de la masse centrale, ainsi que d'autres cellules plus grandes (IX, fig. 1, *b*) et de gros noyaux libres (1, *a*), qui paraissent tapisser la face interne de l'enveloppe. Dans les Sporocystes plus grands, d'environ $0^{mm},55$ de long, le contenu central formé par l'aggrégation de petites cellules, n'est plus simple, mais se trouve partagé en plusieurs masses distinctes, nettement circonscrites, encore non entourées d'une membrane, de forme sphérique ou ovoïde, d'une consistance plus dense et plus ferme que le contenu des Sporocystes précédents, et offrant la même structure. — Les masses ainsi formées, probablement par une véritable segmentation du contenu primitif, analogue à celle qui s'observe dans le vitellus de l'ovule de la plupart des animaux, sont d'abord en petit nombre ; j'ai observé beaucoup de Sporocystes renfermant quatre masses (fig. 6) disposées comme les sphères de fractionnement provenant des deux premières segmentations des ovules, mais je n'en ai pas rencontré avec deux seulement. Quoi qu'il en soit, ces masses se multiplient de la même manière par nouvelle segmentation des premières

formées, car leur nombre augmente dans les Sporocystes plus avancés, sans que leur volume total paraisse plus considérable que celui du contenu primitif.

On voit alors apparaître les premières traces du boyau (fig. 6, *e*), sous forme d'une ligne excessivement fine, parallèle au contour du Sporocyste, et qui, se formant ainsi autour des masses segmentées, se trouve les renfermer plus tard. Si à ce moment on comprime le Sporocyste, on voit toute la portion claire circonscrite par cette ligne pâle, sortir comme une masse demi-fluide, qui s'étale aussitôt sans offrir encore de contours arrêtés, et dont la couche externe ne s'est point encore condensée en membrane.

Dans la fig. 7, on voit un Sporocyste renfermant six sphères, un peu plus séparées les unes des autres; en même temps, la ligne indiquant le contour du boyau est devenue plus forte, aussi peut-on déjà le faire sortir en entier par la compression: on a alors exactement l'apparence figurée en 13 *e*, avec la différence cependant, que la membrane du boyau est beaucoup plus délicate et qu'elle renferme, au lieu de Cercaires vivantes, des masses ovoïdes encore sans vie.

La figure 8 montre un Sporocyste un peu plus grand, contenant sept masses ovoïdes, entièrement semblables aux précédentes. La membrane du boyau (*e*) est toujours plus accusée et plus solide. La couche de cellules tapissant la face interne de l'enveloppe du Sporocyste commence à disparaître, du moins on n'y trouve plus que quelques cellules çà et là, ou nageant dans le liquide.

Les figures 9, 10 et 11 ne présentent rien de particulier autre que l'accroissement successif du nombre de sphères renfermées dans le boyau. Dans la figure 11 on peut remarquer que les sphères de fractionnement ont une taille plus grande que dans les cas précédents, quoique n'offrant encore aucune trace d'organisation. Le Sporocyste entier a le maximum de taille qu'atteignent les Sporocystes adultes (fig. 12), quand ils sont complètement allongés, ce qui peut se reconnaître à ce que le boyau interne est étendu complètement dans l'axe du corps du Sporocyste, et n'est point replié sur lui-même. Entre le boyau et l'enveloppe, on aperçoit les gouttelettes albumineuses que nous avons signalées déjà dans les Sporocystes adultes.

Les Sporocystes que nous venons d'examiner présentent très-nettement les

phénomènes de reproduction analogues à ceux déjà signalés par M. de Filippi chez les Sporocystes de la *C. vesiculosa*, et que nous avons rappelés à propos de cette espèce (§ **76**, 6). Dans la plupart des Sporocystes encore peu avancés dans leur développement, et dont le contenu est encore entier et non fractionné, par conséquent, avant la formation du boyau cercarifère, on peut distinguer deux parties inégales en grandeur, séparées l'une de l'autre par un étranglement plus ou moins profond (fig. 4, 5). L'une de ces parties, la plus grande (*B*), comprend le contenu granuleux ordinaire de tous les Sporocystes; l'autre (*A*), plus transparente, de forme sphérique, ne renferme que les éléments cellulaires appartenant à la portion de l'enveloppe qui la constitue et qui, d'abord en continuité avec celle du Sporocyste entier, s'en détache ensuite sous forme d'une petite sphère et devient un nouveau Sporocyste libre.

C'est ainsi que se forment les petits Sporocystes sphériques qui se rencontrent en très-grande quantité parmi les autres, et que nous avons décrits comme la forme la plus simple et le premier degré d'évolution de ces organismes (VIII, fig. 1, 2), et qui ne sont autres que des portions détachées (peut-être des bourgeons) de Sporocystes plus grands. Cette multiplication des Sporocystes ne s'observe plus aussitôt que leur contenu granuleux a commencé son fractionnement, premier degré de l'évolution des gemmes destinés à devenir les Cercaires, et qui coïncide, comme nous l'avons vu (fig. 6), avec l'apparition du boyau cercarifère qui doit environner ces derniers et les isoler du reste du contenu du Sporocyste.

Développement des Cercaires. (Tab. VIII, 14—20.)

Nous avons dit que le contenu des petits Sporocystes était granuleux, peu dense, jamais entouré d'une membrane. Ce contenu se condense toujours plus, et finit par se partager en plusieurs parties, qui sont comme lui composées de cellules, mais plus condensées et formant des masses plus fermes (fig. 14). Cette multiplication, qui paraît provenir de la segmentation du contenu primitif en quatre parties distinctes, qui à leur tour se fractionnent de nouveau en tout ou partie, a pour résultat la formation d'un certain nombre de petites masses distinctes, qui sont actuellement les gemmes analogues à ceux qu'on a observés

dans tous les Sporocystes, et deviennent ultérieurement chacun un organisme vivant, une Cercaire.

Chacun de ces gemmes, d'abord sphérique, ayant environ de $0^{mm},09$ à $0^{mm},12$ de diamètre, et formé par l'aggrégation des petites cellules que nous avons vu constituer la plus grande partie du contenu primitif des Sporocystes, n'est point entouré d'une membrane.

On les voit plus tard s'allonger un peu, devenir ovoïdes, et leur surface se condenser en une membrane d'abord très-fine, qui deviendra plus tard la peau. Sur un point de cette masse (15 *e*), on voit apparaître une vésicule indiquée par un trait très-fin, un peu granuleuse dans sa partie centrale, plus claire au bord, et qui est la première trace de la ventouse ventrale. En même temps, la structure cellulaire devient moins évidente, la masse totale plus transparente, par suite de la fusion des cellules, dont on voit encore les noyaux parsemés surtout à la surface. La vésicule est située à la surface extérieure et un peu en saillie (16, *e*).

La masse s'allonge toujours, sans présenter d'autre particularité de structure qu'une diminution graduelle des noyaux.

Plus tard on voit apparaître, à une extrémité (18, *c*), une autre vésicule semblable à la première, premier indice de la ventouse buccale, et à l'autre, un petit appendice cordiforme (*h*), qui est la queue. Enfin on trouve, comme nous l'avons dit, quand les Sporocystes sont adultes et hors de la limace, des Cercaires formées telles que nous les avons précédemment décrites. Il est probable qu'il y a quelques formes intermédiaires entre les trois dernières que nous venons de rappeler, mais celles-ci indiquent suffisamment les traits principaux du développement, et expliquent entre autres pourquoi la ventouse ventrale des Cercaires (19 et 20) est toujours entièrement formée tandis que la buccale est à peine indiquée ; ceci tient à ce que la première apparaît de très-bonne heure, pendant que le gemme est encore sphérique, tandis que l'autre ne se montre que lorsqu'il commence à se rapprocher de sa forme définitive.

DEUXIÈME OBSERVATION.

Sporocystes parasites de la *Limax rufa*.

Tab. IX, fig. 4—16.

Dans le courant de la même année (Juin 1854) je fus assez heureux pour observer un second cas de même nature que le précédent, mais sur une autre espèce de mollusque, la *Limax rufa* (*Arion rufus*), sur la peau de laquelle je remarquai de petits points blancs ovoïdes, qu'un examen plus attentif me montra être des Sporocystes semblables à ceux de la *L. cinerea*, mais en différant par quelques détails d'organisation que je vais signaler.

SPOROCYSTES. (Tab. IX, fig. 8, 9.)

Sporocystes longs de $0^{mm},66$ à 1^{mm}, larges de $0^{mm},30$ à $0^{mm},40$, ovoïdes, pourvus antérieurement d'un prolongement ou appendice cylindro-conique, long de $0^{mm},15$, large de $0^{mm},11$ à sa base; ayant un aspect plus élancé et moins trapu que ceux de la *L. cinerea*, et contenant comme eux, dans leur partie élargie ou corps, un long boyau cylindrique, diversement replié suivant leur état de contraction, et renfermant les Cercaires nageant dans un liquide transparent.

La structure de ces Sporocystes est un peu différente de celle des Sporocystes de l'espèce précédente, chez lesquels nous avons reconnu une enveloppe et un contenu distincts. Ici le contenu n'était pas liquide, mais paraissait comme formé de lamelles fibroïdes entrecroisées, circonscrivant des cavités irrégulières plus ou moins grandes, et se détachant de la face interne de l'enveloppe comme des lambeaux ou des filaments de sa propre substance. L'enveloppe assez épaisse (fig. 15, *c*) était formée d'une substance peu résistante, demi-transparente, jaunâtre, fibroïde, et un peu granuleuse.

Le prolongement antérieur (fig. 8, *a*), très-contractile, présente une structure plus compliquée. De forme conique, ses parois (fig. 16, *b*), très-épaisses et

musculeuses, opaques, présentent des stries longitudinales et circulaires très-prononcées, qui se fondent insensiblement vers la base de l'appendice, avec le tissu du corps même du Sporocyste. Son extrémité libre est pourvue d'une petite cavité peu profonde, à bords calleux (fig. 16, *a* et 13), jouant probablement comme dans l'espèce précédente, le rôle de ventouse ou d'organe de fixation.

Dans l'intérieur de chaque Sporocyste, entouré du contenu sous forme de mailles entrecroisées dont nous avons parlé, se trouve un boyau cylindriforme (fig. 10), clos de toutes parts, long de 1^{mm} à $1^{mm},5$, formé d'une enveloppe assez résistante, très-transparente, jaunâtre, inerte : contenant un liquide incolore, formant des traînées au contact de l'eau, parsemé de gouttelettes albumineuses, et dans lequel nagent ordinairement de huit à douze Cercaires développées et très-vivaces.

CERCAIRES. (Tab. IX, Fig. 11, 12.)

Longues de $0^{mm},30$ sur $0^{mm},066$ de large, dans l'état d'extension ; le corps est alors fusiforme, arrondi antérieurement, plus aminci postérieurement, et affecte constamment une position infléchie par suite de laquelle sa partie dorsale est fortement convexe (fig. 12) et la ventrale légèrement concave. Dans l'état de contraction, les Cercaires sont en forme de massue, comme l'espèce précédente.

A l'extrémité postérieure du corps est insérée une petite queue (*h*) en forme de palette triangulaire, longue de $0^{mm},023$, large à sa base de $0^{mm},020$, arrondie à son extrémité.

Ventouse antérieure, allongée, longue de $0^{mm},056$ sur $0^{mm},033$, de forme quadrangulaire, faiblement striée.

Ventouse ventrale, située à peu près au milieu du corps, très-développée, ayant $0^{mm},043$ de diamètre, de forme circulaire ; à bord musculaire (*e*) nettement strié, circonscrivant un orifice (*f*) central placé transversalement, large de $0^{mm},020$, profond de $0^{mm},013$, dont la paroi, renforcée par une couche cornée plus dense, est indiquée par un double contour fortement accusé, qui forme des plis ou sinuosités très-régulières et symétriques, lorsque la ventouse se

contracte. Le tissu des ventouses est incolore, transparent, et se détache nettement par sa translucidité du reste du tissu granuleux du corps.

A l'extrémité antérieure de celui-ci, dans le tissu même de la ventouse, se trouve un fort stylet corné (fig. 12, *a* et 16), long de 0^{mm},022, et pointu du côté extérieur.

Appareil digestif non apparent, à l'exception de la bouche (*b*), placée sur la ventouse antérieure, en forme de fente transversale, large de 0^{mm},016; et du pharynx (*b'*) placé au-dessous du bord inférieur de la même ventouse, de forme globuleuse. Dans quelques individus j'ai pu par moments apercevoir des lignes onduleuses indiquant probablement le trajet de l'intestin; mais l'extrême vivacité de ces petits animaux rendait ces apparences trop fugitives pour que leur nature pût être précisée d'une manière certaine.

Appareil excréteur très-développé, consistant en une cavité (*g*) occupant la partie postérieure du corps, longue de 0^{mm},09 à 0^{mm},10, de forme triangulaire, partant de l'extrémité même du corps, où elle s'ouvre par un orifice actuellement bouché par l'insertion de la queue, et de là remontant en s'élargissant graduellement. Ses parois, dont les contours sont fortement accusés, sont très-contractiles, et sont constamment en mouvement, faisant alternativement paraître et disparaître la cavité qu'elles limitent. Autour de cette cavité, le tissu du corps de l'animal est plus opaque et plus granuleux qu'ailleurs, et coloré en jaune. Sur les côtés du corps j'ai également pu entrevoir des lignes sinueuses appartenant probablement à un système de canaux latéraux, mais sans pouvoir, comme pour le tube digestif, m'assurer positivement de leur existence.

Comme ceux de l'espèce précédente, les Sporocystes et leurs Cercaires, qui sortaient par la peau de l'Arion qui les hébergeait, étaient tous au même degré de développement, comme je viens de les décrire.

Restait à examiner l'intérieur du mollusque, sachant d'après l'observation précédente qu'il devait renfermer des Sporocystes plus jeunes. Je trouvai en effet ceux-ci occupant différents points de la cavité générale, à la surface des viscères, et toujours dans le tissu cellulaire recouvrant ou reliant les différents

organes, et à la face interne de la peau. Beaucoup moins nombreux que dans la *Limax cinerea*, ils ne formaient pas d'amas particulier, mais étaient disséminés un peu partout, parfaitement vivants, et d'autant plus contractiles et plus vivaces qu'ils étaient moins avancés dans leur développement.

Les Sporocystes jeunes contractés (fig. 4, 5, A.), étaient de forme presque sphérique, ayant environ de $0^{mm},16$ à $0^{mm},20$ de diamètre ; et dans l'état d'extension (fig. 4, 5, B.), ils devenaient cylindriques, ayant de $0^{mm},30$ à $0^{mm},80$ de long sur $0^{mm},08$ à $0^{mm},10$ de large, en forme de sacs arrondis aux deux bouts, un peu élargis postérieurement, plus effilés vers l'extrémité antérieure, où se trouvait un petit orifice ventousiforme (*a*). A ce point de développement, les Sporocystes sont très-nettement striés transversalement sur toute leur longueur (fig. 4, B.), fait en rapport avec la grande contractilité et la vivacité de leurs mouvements. A mesure qu'ils grandissent, la croissance de leur contenu, qui occupe toujours leur partie postérieure, dilate celle-ci toujours davantage, et en fait disparaître la striation qui s'efface graduellement d'arrière en avant, et ne subsiste plus que vers l'extrémité antérieure, qui conserve toujours sa forme, sa structure et sa contractilité primitives, et devient ainsi, dans les Sporocystes développés, le prolongement antérieur ou cou (fig. 4—9, *a*).

Le boyau fermé dans lequel sont enfermées les Cercaires, apparaît déjà dans les petits Sporocystes (fig. 4, *c*), dans l'axe desquels il est complètement étendu. Plus tard, le boyau est refoulé dans leur portion dilatée, où il se replie irrégulièrement pour occuper moins de place, lors de la contraction de l'enveloppe du Sporocyste.

Le développement des Cercaires étant identique à celui déjà décrit dans l'espèce précédente, il est inutile d'y revenir. Je ferai seulement remarquer que, dans cette seconde observation, les gemmes plus ou moins nombreux, suivant l'état du développement des Sporocystes, étaient généralement plus transparents et plus homogènes que ceux contenus dans les Sporocystes habitant la *Limax cinerea*. Ceci tient uniquement à ce que les premiers ont été examinés pendant la vie de leurs Sporocystes, tandis que les autres ne l'ont été qu'après leur mort, et étaient devenus opaques et granuleux par suite de l'action de l'eau qui mettait en évidence les noyaux

des cellules dont ils étaient formés. C'est à cette même circonstance qu'il faut attribuer la disparition des stries de l'enveloppe et les formes plus dilatées des jeunes Sporocystes figurés Tab. VIII, qui avaient déjà, selon toute apparence, subi un commencement d'altération.

Quant aux Cercaires elles-mêmes, qui dans les deux cas ont été observées vivantes, elles se ressemblent beaucoup par leur forme et leur organisation ; seulement, celles observées dans la *L. rufa* étant à un degré de développement un peu plus avancé, présentaient avec plus de netteté quelques organes qui, dans celles de la *L. cinerea*, étaient encore nuls ou à peine indiqués : tels que le pharynx, la ventouse buccale et la cavité excrétoire.

Comparées aux autres Cercaires en général, elles se rapprochent beaucoup des Cercaires du premier type, et ont comme elles un spicule très-développé à leur extrémité antérieure, et une queue, rudimentaire il est vrai, mais qui représente évidemment par sa position et son insertion, celle qui, plus développée dans les Cercaires aquatiques, devient pour elles un organe locomoteur important. Les Cercaires de la limace font donc la transition entre les Cercaires pourvues d'une queue utile, et celles qui n'en ont pas, tout en étant terrestres comme ces dernières, ce qui montre suffisamment que ces différentes formes sont homologues, représentent des états correspondants dans diverses séries de développement, et doivent, par conséquent, être désignées de la même manière.

Un fait assez singulier, et encore sans analogue dans les observations antérieures, est celui de la migration des Sporocystes des limaces.

Nous avons vu que ces Sporocystes arrivent à l'extérieur du mollusque après avoir traversé la peau, et sont promptement enlevés avec le mucus que sécrète constamment celle-ci, et déposés sur les corps voisins. Cette circonstance a pour effet évident de disséminer sur un certain espace les Sporocystes qui sortent de la limace, et doit jouer un rôle important dans la propagation de l'espèce.

J'ai pu remarquer que maintenus dans un lieu assez humide pour empêcher la dessiccation de la petite quantité de mucus dans laquelle les Sporocystes sont enfermés, ceux-ci pouvaient conserver vivantes pendant deux ou trois jours, les Cercaires contenues dans leur intérieur.

Or, les limaces, comme on le sait, n'habitent que des lieux humides, dans lesquels, par conséquent, les Sporocystes qu'elles déposent peuvent rester vivants un certain temps. C'est peut-être dans des faits de cette nature qu'on finira par découvrir l'origine du *Dist. hepaticum*, qui attaque particulièrement les moutons dans les pâturages humides ; du moins, d'après ce qui précède, on voit de quelle manière des Sporocystes peuvent être déposés contre les herbes pendant le passage des limaces, et se trouver ainsi directement à la portée d'animaux d'ailleurs complètement herbivores.

FIN DE LA DEUXIÈME PARTIE.

EXPLICATION DES PLANCHES.

Table IV. (Embryons.)

Fig. 1-20. Développement de l'œuf du *Dist. lanceolatum*. (Grossissement, 450.)

1. Paquets ovoïdes de substance vitellaire, tels qu'ils se trouvent entassés dans les tubes du vitellogène. (Long. moy. $0^{mm},022$, larg. moy. $0^{mm},011$.)

2. Œufs pris à l'origine de l'oviducte, au moment où ils s'entourent de la substance de la coque, encore molle et visqueuse et non condensée en membrane. (Long. moy. $0^{mm},033$, larg. $0^{mm},020$.)

3. Œuf plus avancé, substance de la coque condensée en membrane (*a*), et s'éloignant du vitellus interne (*b*), laissant ainsi entre elle et ce dernier, qui a conservé sa forme primitive, un espace vide.

4. Œuf au même point que le précédent, dans lequel le vitellus est formé par réunion de trois paquets de substance vitellaire.

5. Œuf montrant encore plus distinctement la formation du vitellus par la réunion de plusieurs paquets vitellaires (ici au nombre de quatre); et la localisation des gouttelettes d'huile dans les paquets vitellaires dont elles proviennent.

(Les dimensions moyennes des œufs figurés 3–6, sont pour la long. $0^{mm},037$, et larg. $0^{mm},024$.)

6. Œuf dans lequel se sont formé quelques cellules embryonnaires.

7. Œuf comprimé pour écarter les gouttelettes huileuses, laissant voir les cellules embryonnaires.

8. 9. 10. Œufs un peu plus avancés dans lesquels les gouttelettes tendent à se grouper vers un des pôles de l'œuf, et laissent voir les cellules embryonnaires déjà nombreuses et tassées. Le vitellus remplit complètement la coque de l'œuf.

11. Œuf dans lequel les gouttelettes huileuses, groupées vers les deux pôles, sont devenues beaucoup plus petites et semblables à des granulations graisseuses.

12. 13. Cellules embryonnaires remplissant toute la cavité de la coque. Condensation des granulations graisseuses pour former les capuchons polaires (*c*).

14. Fusion des cellules embryonnaires en une masse unique, remplissant l'œuf. Deux capuchons polaires.

15. Œuf au même point que le précédent, mais n'ayant qu'un capuchon polaire (*c'*) et une bande transverse (*c''*) de granulations serrées de même nature que le capuchon.

(Fig. 8-16. Long. moyenne 0mm,042, larg. 0mm,024.)

16. *A*. Œuf dans lequel le capuchon polaire se continue avec une plaque granuleuse envahissant la moitié de la surface du vitellus.

B. Le même, vu de pointe.

17. Œuf contenant l'embryon et deux capuchons polaires. (Long. 0mm,051, larg. 0mm,031. — Long. de l'embryon 0mm,037, larg. 0mm,022. — Diam. des corpuscules granuleux 0mm,007.)

18. *A*. *Idem*. avec un capuchon polaire seulement, sous lequel est cachée la partie amincie de l'embryon.

B. Le même, vu de pointe.

19. Embryon sorti de l'œuf. (Long. 0mm,035, larg. 0mm,016.)

20. Coque de l'œuf dont l'opercule s'est soulevé, et montrant les dernières granulations du capuchon postérieur désaggrégées, et s'écoulant une à une avec le liquide contenu dans la coque.

Fig. 1-20. *a*. Coque des œufs.

b. Vitellus ou masses vitellaires.

c. Gouttelettes huileuses.

c'. Granulations opaques réunies en capuchons aux pôles de l'œuf.

c''. *Idem* formant des bandes ou des plaques sur différents points de la périphérie du vitellus.

d. Cellules embryonnaires.

e. Contours de l'embryon.

f. Corps foncés contenus dans la partie élargie de l'embryon.

g. Opercule de la coque de l'œuf.

Fig. 21. *A*. Embryons ciliés provenant d'une *Limax cinerea*; grossis 400 fois. (Diam. 0mm,035 à 0mm,050.)

B. Noyau contenu dans ces embryons, isolé; grossi 400 fois.

a. Noyau contenu dans l'embryon. (Long. 0mm,015 à 0mm,026, larg. 0mm,013.)

b. Vacuole contractile se formant et disparaissant dans le corps des embryons, comme dans les Infusoires.

Fig. 22. Œuf et embryon du *Monostomum mutabile* (d'après Siebold, *Arch. Wiegm. 1835. Tab. I, fig. 5.*)

A. Œuf contenant l'embryon cilié. (Long. 0mm,173, larg. 0mm,084.)

B. Embryon cilié sorti de l'œuf, et contenant dans son intérieur un corps (c) vivant qui survit à la mort de l'embryon. (Long. 0mm,225 à 0mm,250, larg. de 0mm,065 à 0mm,03.)

a. Coque de l'œuf.

b. Contour de l'embryon.

c. Contour du corps vivant contenu dans l'embryon.

d. Taches pigmentaires carrées qui occupent l'extrémité antérieure de l'embryon.

Fig. 23. Œuf du *Dist. rosaceum* (d'après Nordmann, *Mikrog. Beitræge; t. I, pl. VIII, fig. 5.*)

a. Contours d'un corps indéterminé renfermé dans la masse du vitellus.

Fig. 24. Œuf du *Dist. cygnoïdes* (long. 0^{mm},036, larg. 0^{mm},045) contenant un embryon cilié et très-contractile. (D'après Dujardin, *Ann. des Sc. Nat. 2e série, t. VIII, pl. 9, fig. 3.*)

Fig. 25. Œufs et embryons du *Dist. hæmatobium*. (D'après Bilharz, *Sieb., Zeitsch., t. IV.*)

A. Œuf vide. (Long. 0^{mm},125, larg. 0^{mm},045.)

B. Embryon garni de cils vibratils encore dans l'œuf.

C. Embryons isolés; *a*. corps bilobé occupant l'extrémité protractile de l'embryon.

Table V. (Nourrices.)

Fig. 1-12. Sporocystes sacciformes.

1. Sporocyste de la *Cerc. duplicata* (*Dist. duplicatum* Bær). (D'après Bær, *Beit. zur Kennt. der Niedern Thiere, Nov. Act. C. Leop. Nat. Cur., t. XIII, p. II, pl. 29, 1.*) (Long de 0^{mm},750 à 1^{mm}.)

2-4. Sporocystes de la *Cerc. armata*. (D'après Steenstrup, *Ueber den Generationswechsel, tab. III, fig. 1 d', 1 e, 1 f.*)

2. Jeune Sporocyste pourvu à son extrémité antérieure d'un orifice ventousiforme.

3. Sporocyste plus avancé, contenant déjà de jeunes Cercaires *(f)*.

4. Sporocyste rempli de Cercaires et distendu par elles de façon à n'être plus qu'un sac inerte.

5. 6. Sporocystes de la *C. microcotyla* (Fil.) (D'après de Filippi, *Prem. Mém. pour servir à l'hist. génét. des Trématodes, Mém. de l'Acad. des Sc. de Turin, série II, t. XV, pl. 1, fig. 5, 6.*)

5. Jeunes Sporocystes ne contenant encore que des gemmes.

6. Sporocyste rempli de Cercaires et réduit à l'état de sac membraneux.

7. Sporocyste de la *Cerc. chlorotica* (Dies.). Cercaire II de Bær. (D'après Bær, *L. C., pl. XXXI, 2, a.*)

8. 9. Sporocystes de la *Cerc. vesiculosa?* Dies. (D'après de Filippi, *L. C., pl. I, fig. 12, 13.*)

8. Jeunes Sporocystes en voie de multiplication par division spontanée.

9. Sporocyste plus avancé, contenant des gemmes de Cercaires.

10. Sporocyste de la *C. sagittifera*. (D'après Siebold, *Ueber die Band- und Blasenwürmer, fig. 3.*)

11. Sporocyste de la *Cerc. limacis*. (Long. 0^{mm},650, larg. 0^{mm},316.) Grossi 60 fois.

12. Sporocyste de la *Cerc. Lymnaei auricularis* (Fil.). (D'après de Filippi, *L. C., pl. II, fig. 32.*)

13. Sporocyste cylindriforme.

13. Sporocyste de la *Cerc. furcata*. (D'après Bær, *L. C., pl. XXXI, 6 a.*)

A. Sporocyste uniformément cylindrique. (Long. 4 à 8 mill., larg. 0^{mm},375.)

B. Sporoc. divisé par des étranglements pédicelliformes (*c'*), reliant les portions élargies (*c*) et remplies de gemmes de Cercaires.

14-17. Rédies.

14. Rédie contenue dans l'embryon du *Monost. mutabile*. (D'après Siebold, *L. C. Wieg. Archiv. 1835.*) (Long. 0mm,225.)

15-17. Rédies de la *Cerc. echinata*. (D'après Steenstrup, *L. C., tab. II, fig. 2 b, 3, 4 b et 4 d.*) (Long. moyenne de 2 à 4 mill.)

15. *A, B, C, D.* Différents états des gemmes de structure cellulaire qui se métamorphoseront plus tard en jeunes Rédies.

E, F, G. Jeunes Rédies commençant à prendre leur forme définitive.

H. Rédie tout-à-fait formée avec son sac digestif.

16. Rédie contenant dans son intérieur d'autres Rédies. (Grande nourrice de Steenstrup.)

17. Rédie contenant des Cercaires. (Nourrice, St.)

Table V *bis*. (Nourrices et Cercaires.)

Fig. 1-5. Rédies.

1. Rédies de la *Cerc. echinatoïdes* (Fil.). (D'après de Filippi, *L. C., pl. II, fig. 19, 20.*)

A. Jeune Rédie.

B. Rédie adulte contenant des Cercaires développées.

2. Rédie de la *Cerc. neglecta* (Fil.). (D'après de Filippi, *L. C., pl. II, fig. 27.*)

3. Rédie de la *Cerc. ephemera*. (D'après de Siebold, *Ueber Band- und Blasenwurmer, fig. 1.*) (Long. 1mm.)

4. Rédie de la *Cerc. Paludinæ impuræ* (Fil.). (D'après de Filippi, *L. C., pl. II, fig. 29, 30.*)

A. Rédie contenant des Cercaires sans queue, complètement développées.

B. Rédie contenant des corps encore imparfaitement développés, mais qui paraissent être des jeunes Rédies en voie de formation.

5. Rédie de la Cercaire de l'*Amphist. subclavatum*, primitivement nommée *Redia gracilis* par de Filippi. (D'après de Filippi, *L. C., pl. I, fig. 4.*)

Fig. 6-8. Sporocystes tubuliformes.

6. Sporoc. de la *Cerc. polymorpha*. (*Buceph. polymorphus*, Bær). (D'après Bær, *L. C., pl. XXX, fig. 1-10.*)

7. Sporoc. de la *C. Haimeana* (*Buc. Haimeanus* Lac.-Duth.) (D'après Lacaze-Duthiers, *Ann. Sc. Nat. 4e série, t. I, pl. 6, fig. 5.*)

8. *Leucochloridium paradoxum*, Carus. (D'après Carus, *Nov. Act. C. L. Nat. Cur. XVII, I. pl. 7.*)

A. Sporocyste développé. — *B.* Touffe de jeunes Sporocystes.

a. Ouverture située à l'extrémité antérieure des Sporocystes. (Ventouse dans les Sporocystes simples, bouche dans les Rédies.)

b. Extrémité antérieure en forme de cou, quelquefois striée.

b'. Renflement musculaire placé à l'origine de l'œsophage, ou *pharynx*.

e. Enveloppe des Sporocystes.

e'. Appendice terminal des Rédies des *C. echinata* et *echinatoïdes*. — Etranglements des Sporocystes de la *C. furcata*. — Bandes transverses formées par des taches pigmentaires du *Leucochloridium paradoxum*.

e''. Appendice terminal des Rédies des *C. echinata* et *echinatoïdes*. — Bandes vertes transversales du *Leucoch. paradoxum*.

f. Contenu ordinaire des Sporocystes. (Cercaires ou leurs gemmes.)

f'. Contenu des Rédies lorsqu'il ne consiste pas en Cercaires. (Jeunes Rédies.)

g. Sac stomacal des Rédies.

t. Animal particulier (Tetracotyle) trouvé quelquefois par de Filippi dans les Rédies de la *C. echinatoïdes*.

Fig. 9-15. Cercaires.

9. *Cerc. duplicata*. (*Dist. duplicatum*, Bær.) (D'après Bær, *L. C.*, *pl. XXIX*, *fig 2-12*.) (Long. 2^{mm}, corps 1^{mm}, queue $0^{mm},6$ à 1^{mm}, largeur du corps $0^{mm},750$.)

A. *C. duplicata* vue de profil.

B. *Idem* vue par la face ventrale.

C. *Idem* plus allongée.

10. *Cerc. armata*. (D'après Siebold, *Ueber Band- und Blasenwürmer*, *fig. 15. A.-C.*) (Long. totale, 2^{mm}.)

A. *Cerc. armata*, vue par la face ventrale.

B. *Idem* vue de profil. — *C*. Stylet grossi.

11. *Cerc. microcotyla* (Fil.) (D'après de Filippi, *L. C.*, *pl. I*, *fig. 7-10*.) Vue par la face ventrale, (Long. $0^{mm},4$.)

12. *Cerc. chlorotica* (Dies.). (Cerc. II, de Bær.) (D'après Bær, *L. C.*, *pl. XXXI*, *2*, *b*.) *A*. Vue par la face ventrale. *B*. Vue de profil.

13. *Cerc. vesiculosa?* (Dies.). (D'après de Filippi, *L. C.*, *pl. I*, *fig. 14*.) Incomplètement développée.

14. *Cerc. vesiculosa* (Dies.) (Cercaire I, de Bær.) (D'après Bær, *L. C.*, *pl. XXXI*, *fig. 1-4*.) (Long. $0^{mm},373$.)

A. Vue par la face ventrale.

B. De profil.

15. *Cerc. gibba* (Fil.) (D'après de Filippi, *L. C.*, *pl. I*, *fig. 18*.) Vue par la face ventrale. (Long. $0^{mm},35$.)

Table VI. (Cercaires.)

1. 2. *Cerc. macrocerca* (Fil.) (D'après de Filippi, *L. C., pl. I, fig. 15-17.*)

1. *Cerc. macrocerca* entière.

2. La même, grossie, vue par la face ventrale, pour mettre en évidence la dilatation (*l*) de la queue, dans laquelle le corps de la Cercaire peut rentrer et se cacher entièrement par retroussement.

3. *Cerc. furcata.* (D'après Bær, *L. C., pl. XXXI, 6, b.*)

A, B, C, premiers degrés du développement de la *C. furcata.*

D, E. *C. furcata*, complètement développée. (Long. 2^{mm}.)

4. 5. *Cerc. ephemera.* (D'après Siebold, *L. C., fig. 9 et 14.*)

4. Extrémité postérieure de la *C. ephemera*, grossie pour montrer l'orifice (i) de la cavité excrétoire (*h*) et sa bifurcation (*h*).

5. *Cerc. ephemera*, vue par la face ventrale. (Long. 1^{mm}.)

6. *Cerc. echinatoides* (Fil.), vue par la face ventrale. (D'après de Filippi, *L. C., pl. II, fig. 21.*) (Long. du corps 0^{mm},36.)

7. *Cerc. echinata*, vue par la face ventrale. (D'après Steenstrup, *L. C. Tab. II, fig. 6.*)

8. *Cerc. Paludinæ impuræ* (*Dist. Pal. impuræ.* Fil.). (D'après de Filippi, *L. C., pl. II, fig. 31.*) Vue par la face ventrale, dépourvue de queue. (Long. 0^{mm},40.)

9. *Cerc. neglecta* (Fil.) (D'après de Filippi, *L. C., pl. II, fig. 26.*) Vue par la face ventrale.

10. *Cerc. Amphist. subclavati* des Batraciens; d'abord nommée *Diplodiscus Diesingii* par de Filippi. D'après de Filippi, *L. C., pl. I, fig. 1—3.*) (Long. 2^{mm}.)

11. *Cerc. polymorpha.* (*Bucephalus polymorphus.* Bær.) (D'après Bær, *L. C., pl. XXX, fig. 11—27.*)

12. *Cerc. Haimeana.* (*Buceph. Haimeanus.* Lac.-Duth.) (D'après Lac.-Duthiers, *L. C., pl. 6, fig. 1.*)

13. *Cercaria exfoliata*, produite dans le *Leucochloridium paradoxum* (Carus); (*m*) contour de la coque épidermique qui l'environne.

14. *Cercaria exfoliata*, vue de profil. — *a'* et *g'*, empreintes laissées sur la coque par les ventouses de l'animal, en rapport de continuité avec celles-ci par deux tubes infundibuliformes, prolongements épidermiques de la coque. (Ces deux dernières figures sont reproduites d'après des dessins inédits de M. C. Vogt.)

a. Ventouse buccale ou antérieure.

b. Orifice buccal.

c. Stylet, ou couronne d'épines.

d. Renflement musculeux de l'œsophage, ou pharynx.

e. Portion simple du tube digestif.

e'. Bifurcation de l'intestin.

f. Glandes placées sur les côtés de la ventouse médiane.

f'. Canaux déférents de ces glandes.

f''. Petits tubes s'ouvrant dans le voisinage du stylet.

g. Ventouse ventrale ou médiane. (Postérieure dans les larves d'Amphistome.)

h. Cavité excrétoire.

h'. Ramifications de la cavité excrétoire.

h''. Concrétions qui se trouvent dans la cavité excrétoire, ou ses ramifications.

i. Orifice de la cavité excrétoire.

k. Canaux vibratils.

l. Queue des Cercaires.

l'. Axe musculeux interne de la queue de la *C. duplicata*. — Renflement en forme de poche de la queue de la *C. macrocerca*. — Lobes sur lesquels sont insérés les filaments caudaux des Bucéphales.

l''. Nodosités de la queue de la *C. macrocerca*. — Filaments formant la double queue des Bucéphales.

Table VII. (Kystes.)

1. Kyste de la *C. armata*.
2. Kyste de la *C. ephemera*.
} D'après Siebold, *Ueber Band- und Blasenwürmer* etc., *fig. 13 et 16*.

3. Kystes rapportés par de Filippi à la *Cerc. microcotyla*. (D'après de Filippi, *L. C.*, *pl. I*, *fig. 11*.)

4. Kystes de la *C. echinata*. (Steenstrup, *L. C.*, *Tab. II*, *fig. 7 b*.)

5. Kystes de la *C. echinatoïdes*.
6. Id. vide.
7. Distome sorti des kystes précédents.
} Grossis 90 fois.

8. Épines des faisceaux latéraux.
9. Petites épines formant la double couronne périphérique de la collerette.
10. Concrétions calcaires de l'appareil excréteur.
} Grossis 450 fois.

11—14. Tetracotyle de la perche fluviatile.

11. Kyste entouré de tissu adipeux.
12. Kyste déchiré pour en faire sortir son contenu.
} Grossis 30 fois.

13. Animal contenu dans les kystes précédents. Grossi 60 fois.

14. Concrétions calcaires du même. Grossis 450 fois.

15. *C. duplicata* après la chute de sa queue. (D'après *Bær*, *L. C.*)

16. Distome récemment sorti des kystes de la *Cerc. armata*. (D'après Steenstrup, *L. C.*, *Tab. III*, *fig. 5 a*. *Dist. tarda* de cet auteur.)

17. Distome sorti des kystes de la *C. echinata*. (D'après Steenstrup. *L. C. Tab. II*, *fig. 8 a*. *Dist. pacifica*.)

18. Distome sorti naturellement des kystes de la *C. echinatoïdes* dans l'intestin de la grenouille. (D'après de Filippi, *L. C.*, *pl. II*, *fig. 23*.)

19. Tetracotyle trouvé libre dans le testicule de la *Paludina vivipara*. Grossi 200 fois.

Table VIII. (Sporocystes et Cercaires de la *Limax Cinerea*.)

1—13. Sporocystes. — 14—20. Cercaires.

1. Sporocyste sphérique, né par division d'un Sporocyste plus grand. Grossi 60 fois.

2. Le même. Grossi 250 fois.

3. Sporocyste plus avancé.
4. 5. Sporocystes en voie de division.
6. Sporocyste dont le contenu est segmenté en 4 portions.
7—11. Différents dégrés du développement des Sporocystes.
12. Sporocystes complets renfermant des Cercaires développées.
13. Id. déchiré pour montrer son contenu.

(3—13.) Grossis 60 fois.

14. Gemme de Cercaire, composé de cellules juxtaposées, et encore non entouré d'une membrane.
15—18. Différents degrés de développement des gemmes.
19. Cercaire développée, vue par la face ventrale.
20. Id. vue de côté.

(14—20.) Grossis 200 fois.

Table IX. (Sporocystes et Cercaires de la *Limax rufa*.)

1. Cellules et noyaux qui se trouvent libres dans le liquide contenu dans les Sporocystes précédents.

2. Cellules d'épithélium tapissant par places leur paroi interne.

3. Noyaux des cellules formant d'abord le contenu des Sporocystes, et ensuite les gemmes de Cercaires. Les fig. 1—3 sont grossies 400 fois.

4—10. Sporocystes habitant la *Limax rufa*.
4. 5. Jeunes Sporocystes ; *A* contractés ; *B* étendus.
6. 7. Sporocystes distendus par leur contenu.
8. 9. Sporocystes complets, tels qu'on les trouve à l'extérieur du mollusque.
10. Boyau contenant les Cercaires, et enfermé dans les Sporocystes précédents.

(4—10.) Grossis 60 fois.

11. Cercaire, vue de face.
12. Id. de profil.

(11—12.) Grossis 300 fois.

13. Extrémité du prolongement contractile des Sporocystes. Grossie 300 fois.

14. Spicule des Cercaires. Grossi 450 fois.

15. Fragment d'un Sporocyste.
16. Prolongement contractile des mêmes.

(15—16.) Grossis 300 fois.

Dans toutes les figures des deux planches VIII et IX, les parties analogues sont désignées par les mêmes lettres.

Pour les Sporocystes, Tab. VIII, 1—13, et IX, 4—10, 15, 16.

a. Excavation ventousiforme de l'extrémité antérieure des Sporocystes.

b. Portion striée antérieure.

c. Enveloppe des Sporocystes.

d. Contenu demi-liquide renfermant des gouttelettes albumineuses et remplissant la cavité des Sporocystes.

e. Boyau cylindrique flottant dans la cavité du corps des Sporocystes, et dans lequel sont contenus les gemmes et plus tard les Cercaires.

f. Contenu granuleux des Sporocystes, destiné à se transformer d'abord en gemmes puis en Cercaires.

Pour les Cercaires VIII, 15—20; et IX, 11 et 12.

a. Spicule placé en avant de la bouche dans la ventouse buccale.

b. Bouche.

b'. Pharynx.

c. Ventouse buccale.

d. Ligne sinueuse indiquant le point où le corps de la Cercaire se renfle et s'épaissit.

e. Anneau musculeux de la ventouse ventrale.

f. Bord sinueux et corné de son excavation centrale.

g. Cavité excrétoire.

h. Queue rudimentaire.

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES.

ERRATA.

Page 10, lignes 11 et 12, au lieu de : endo-parasites, lisez : ectoparasites.

Page 10, § 2, lignes 3 et 4, au lieu de : *Ocbotryum*, *Axime*, lisez : *Octobothryum*, *Axine*.

Page 20, § 10, ligne 18, au lieu de : résorbtion, lisez : résorption.

Page 24, ligne dernière, au lieu de : à cause de leurs, lisez : à cause de l'opacité de leurs.

Page 42, ligne 9, au lieu de : difformées, lisez : déformées.

Page 44, dernière ligne (note), au lieu de : sur les ceux, lisez : sur ceux.

Page 60, ligne 5 de la note, au lieu de : distinctes, lisez : distincts.

Page 62, ligne 7, au lieu de : assimilées, lisez : assimilés.

Page 62, note 2, ligne 5, au lieu de : noms Sporocyste et Cercaire, lisez : noms de Sporocyste et de Cercaire.

Page 72, lignes 6 et 7, au lieu de : *C. échinatoïde*, lisez : *C. echinatoïdes*.

Page 74, ligne 8, au lieu de : fixées, lisez : fixés.

Page 80, ligne 1, au lieu de : *Cerc. microtyla*, lisez : *Cerc. microcotyla*.

Page 104, § 98, ligne 3, au lieu de : *Bucc. mutabilis*, lisez : *Bucc. mutabile*.

Page 109, § 97, ligne 1, au lieu de : *Cerc. fissicanda*, lisez : *Cerc. fissicauda*.

Page 143, § 130, ligne 3, après *Dist. duplicatum* Bær, ajoutez : *Rhopalocerca tardigrada*. (Dies.)

Page 145, ligne 18, au lieu de : la *C. duplicata* et le *Bucephalus polymorphus*, lisez : le *Bucephalus polymorphus* et la *C. duplicata*.

Page 146, note 1, lignes 2 et 3, au lieu de : des Bucéphales contenus dans des *C. duplicata*, lisez : des *C. duplicata* contenues dans des Bucéphales.

Page 152, ligne 7, au lieu de : au moins de, lisez : au moins des.

Page 152, ligne 11, au lieu de : caractères : sont, lisez : caractères sont :

Page 159, note 5, au lieu de : Philippi, lisez : de Filippi.

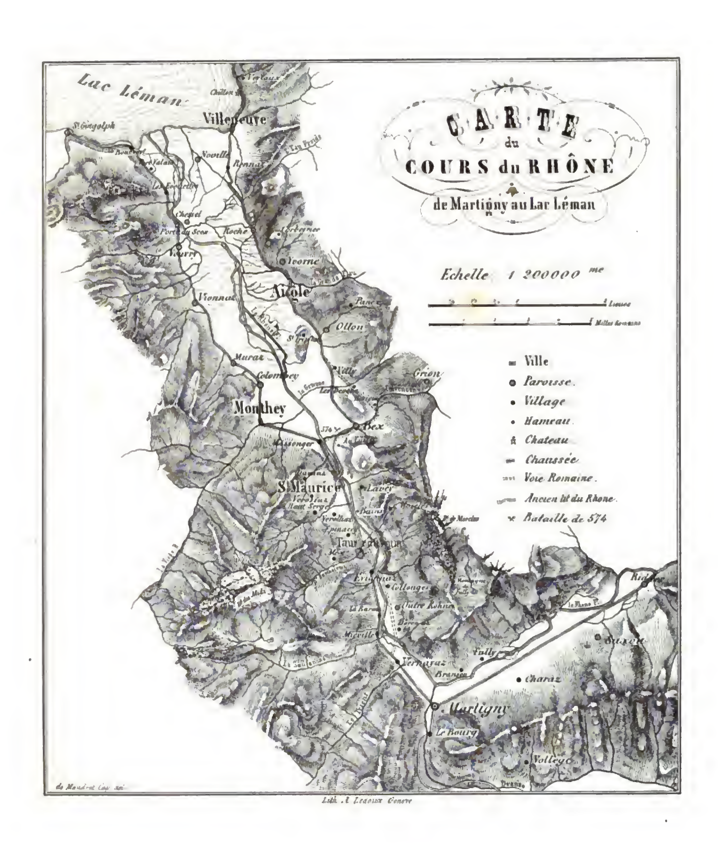
TABLE DU TOME III

DES

MÉMOIRES DE L'INSTITUT DE GENÈVE.

a) Section des Sciences morales et politiques, d'archéologie et d'histoire.

b) Section des Sciences naturelles et mathématiques.


CARTE
du
COURS du RHÔNE
de Martigny au Lac Léman
Echelle 1 200000 me
Lieues
Milles Romains
Ville
Paroisse.
Village
Hameau.
Chateau
Chaussée
Voie Romaine.
Ancien lit du Rhone.
Bataille de 574
Lac Léman
Villeneuve
St Gingolph
Noville
Chessel
Roche
Porte du Scex
Vouvry
Yvorne
Aigle
Vionnaz
Panex
Ollon
Muraz
Colombey
Villy
Gryon
Monthey
Bex
Massonger
St Maurice
Lavey
Evionnaz
Collonges
Outre Rhone
Miéville
Vernayaz
Fully
Branson
Charaz
Martigny
Le Bourg
Vollege
Saxon
Riddes
de Mandrot Cap. del.
Lith. A. Lesoux Genève

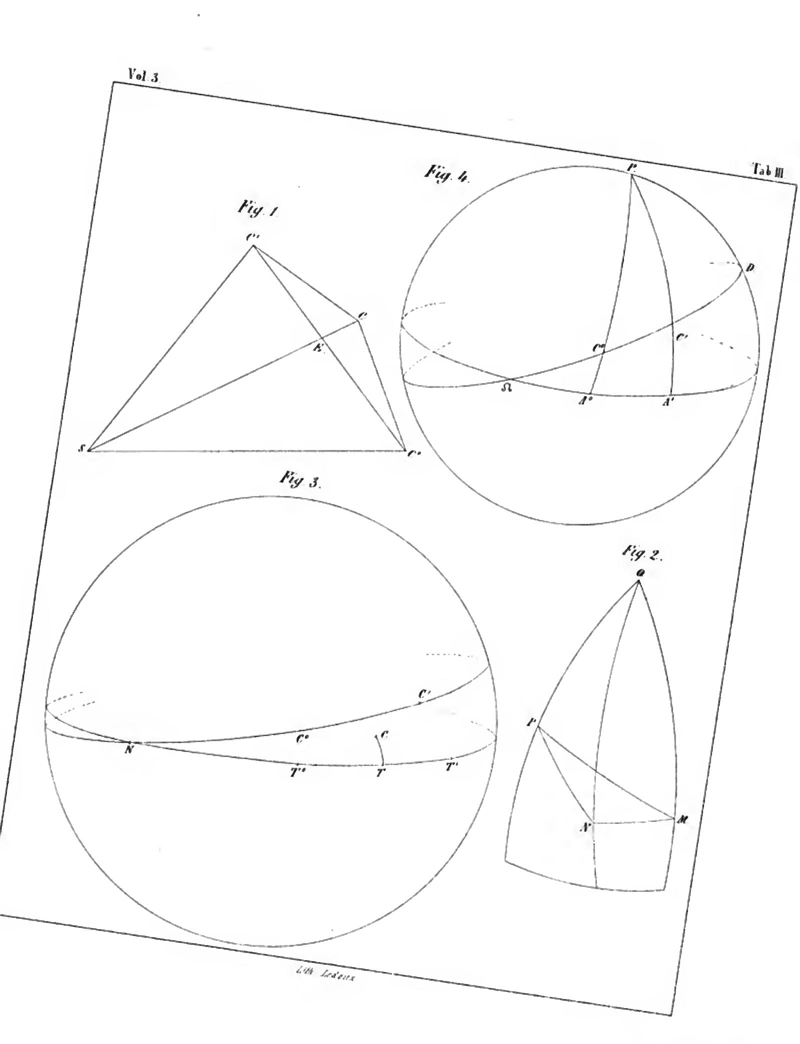
Coupe naturelle de Chanaz à Macot, (Savoie)

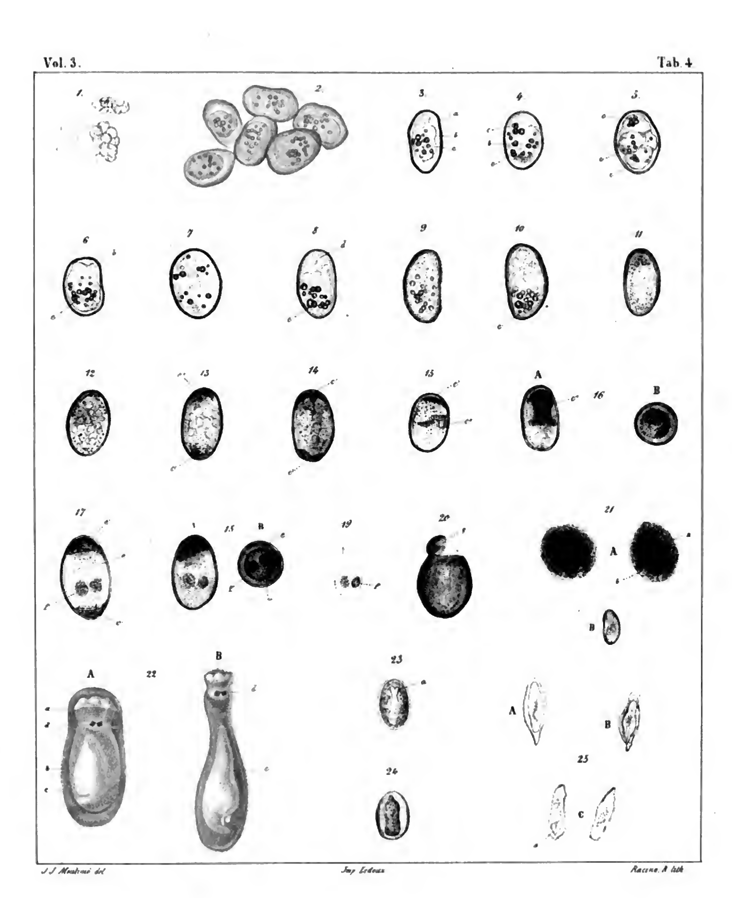
Rhône
Colline entre Chanaz et Lucey
Mont du Chat
Ontex
Hautecombe
Lac du Bourget
Coteau de St Innocent
Montagne de St Innocent
Gresy sur Aix.
Chemin de Montcel à Trévignin

Les Favrens
Montagne de St François de Sales
Le Champ, hameau de St François
Mont Margériaz
Combe d'Aillon
Combe de la Chartreuse
Ecole
Val de Bellevaux

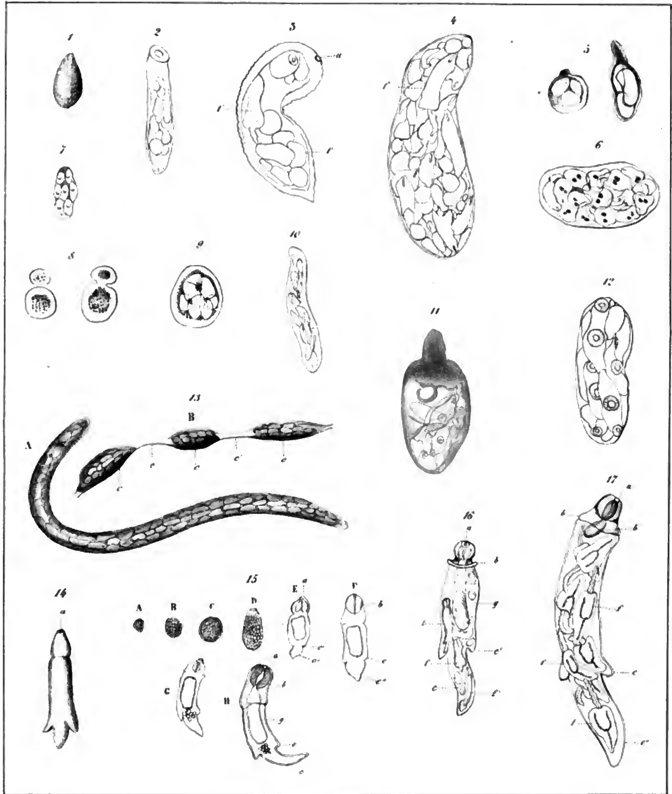
Crête de Frêne
Montailleur
Isère
St Hélène des Millières
Mont Bellechat
Planbois
Isère
Fessons sous Briançon

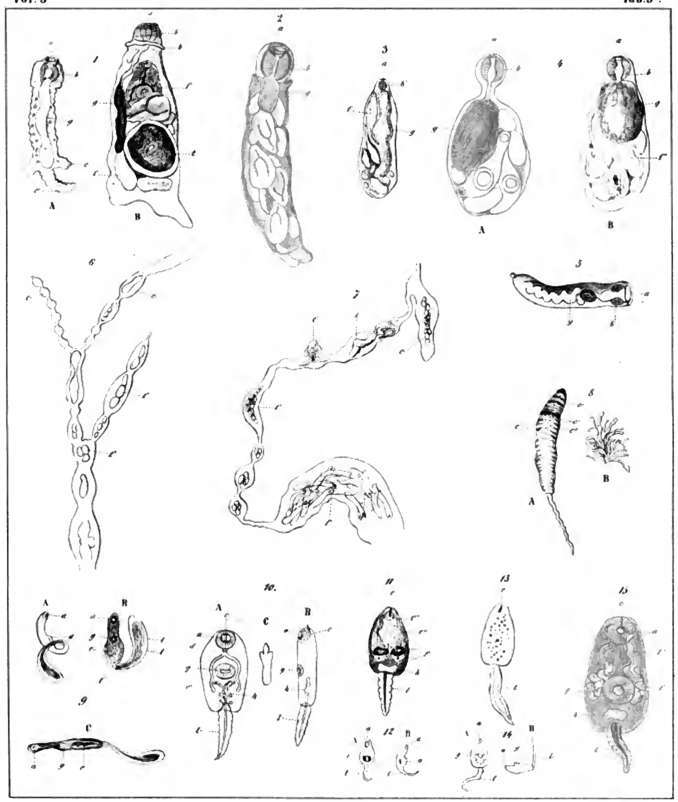
Naves sur Petit Coeur
Mongirod
Isère
Les Mines Macot
Montagne entre Macot et Champagny
Glaciers

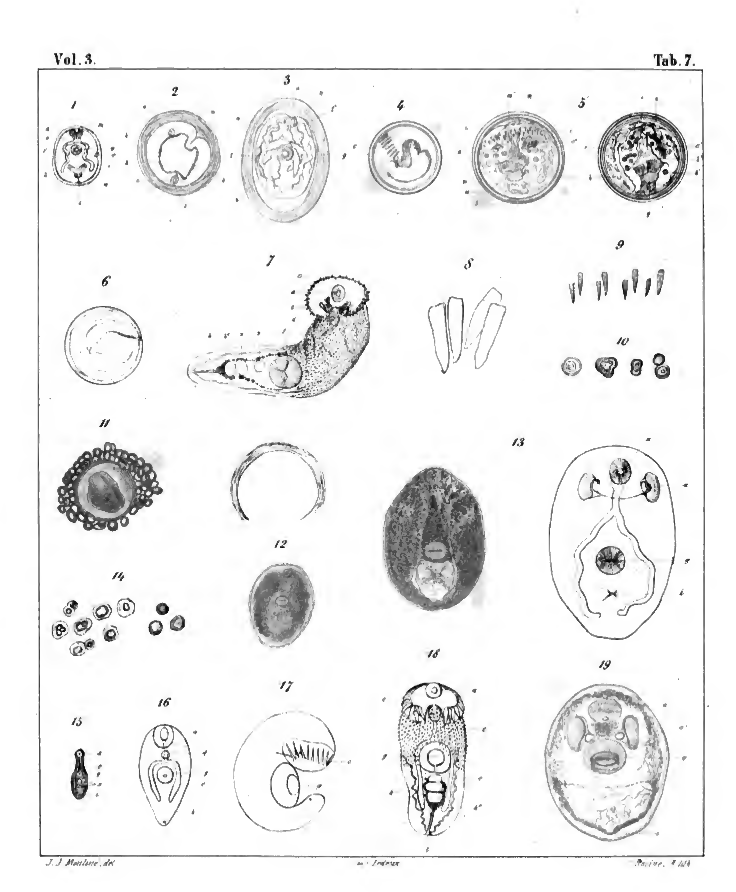

Vol. 3.
Tab. III.
Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Lith. Ledoux



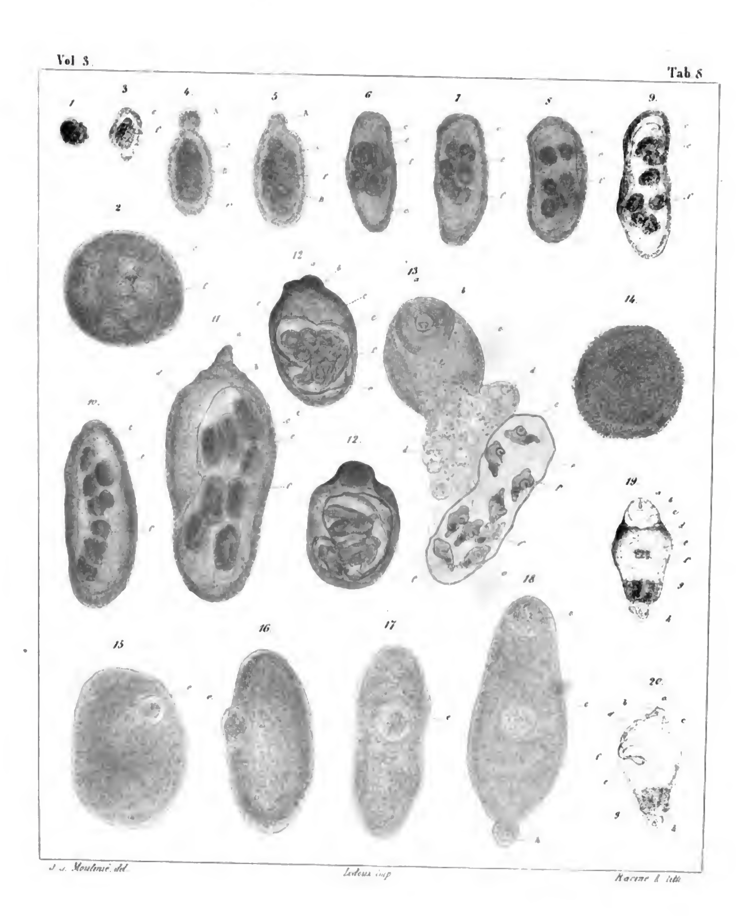
J. J. Moulinié del.   Imp. Lédoux   Racine. A lith



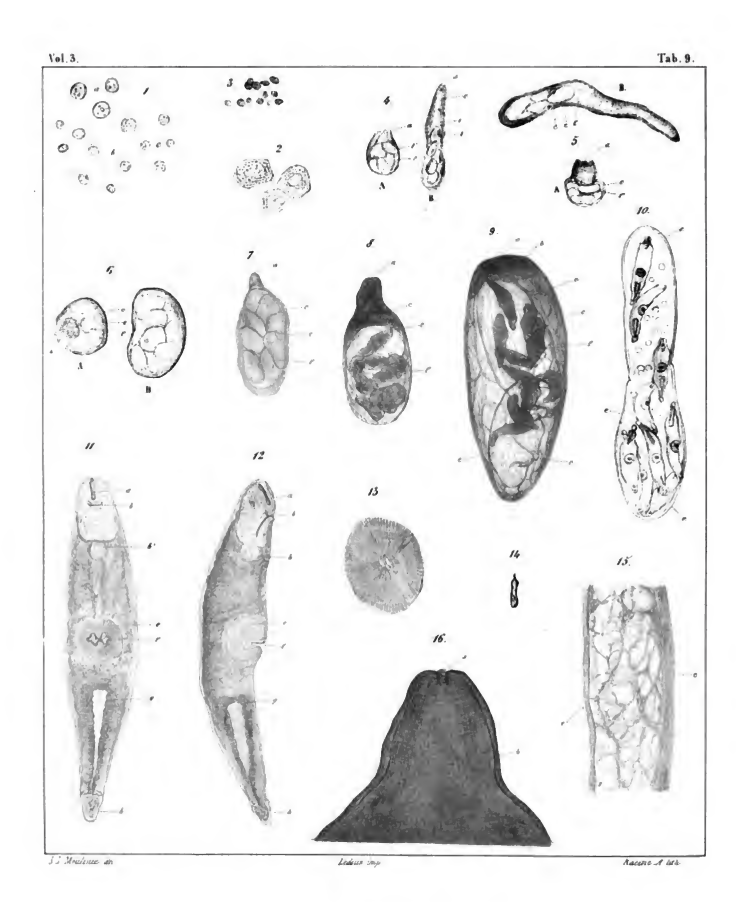




J. J. Moitessier del.



J. A. Moulinié del. Ledous imp. Racine lith.


Vol. 3.
Tab. 9.
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10.
11
12
13
14
15.
16.

MÉMOIRES

DE

L'INSTITUT NATIONAL GENEVOIS.

IMPRIMERIE VANEY, CROIX-D'OR, 24.

MÉMOIRES

DE

L'INSTITUT NATIONAL GENEVOIS.

TOME QUATRIÈME.

ANNÉE 1856.



GENÈVE,

CHEZ KESSMANN, ÉDITEUR, LIBRAIRE DE L'INSTITUT GENEVOIS, RUE DU RHONE, 171,

ET CHEZ LES PRINCIPAUX LIBRAIRES DE LA SUISSE ET DE L'ÉTRANGER.

1857

EXTRAIT

DU RÈGLEMENT GÉNÉRAL DE L'INSTITUT NATIONAL GENEVOIS.

« Art. 33. L'Institut publie un *Bulletin* et des *Mémoires*.

» Art. 34. Le Bulletin paraît à des époques indéterminées qui n'excèdent cependant pas trois mois; les Mémoires formeront chaque année un volume.

» Art. 35. Ces publications sont signées par le Secrétaire général.

» Art. 36. Le Bulletin renferme le sommaire des travaux intérieurs des cinq Sections. La publication en est confiée au Secrétaire général, qui les rédige avec la coopération des Secrétaires de chaque Section.

» Art. 37. Les Mémoires *in-extenso*, destinés au Recueil annuel, sont fournis par les Sections.

» Les Mémoires des trois catégories de membres de l'Institut (effectifs, honoraires, correspondants) sont admis dans le Recueil.

» Art. 38. A ce Recueil pourront être jointes les gravures, lithographies, morceaux de musique, etc., dont la publication aura été approuvée par la Section des Beaux-Arts.

» Art. 39. Le Recueil des Mémoires sera classé en séries correspondantes aux cinq Sections de l'Institut, de manière à pouvoir être détachées au besoin et être acquises séparément.

» Art. 40. La publication du Recueil des Mémoires est confiée au Comité de gestion. »

Le Secrétaire général de l'Institut National Genevois,
E.-H. GAULLIEUR, professeur.

BUREAUX DE L'INSTITUT NATIONAL GENEVOIS.

Président de l'Institut, M. James Fazy.
Secrétaire général, M. E.-H. Gaullieur, professeur d'histoire à l'Académie de Genève.

Section des Sciences naturelles et mathématiques : Président, M. le professeur Ch. Vogt. — Vice-Président, M. Elie Ritter, docteur ès-sciences. — Secrétaire, M. Moulinié fils.

Section des Sciences morales et politiques, d'Archéologie et d'Histoire, Président, M. James Fazy. — Vice-Président, M. Massé, président du Tribunal criminel. — Secrétaire, M. Gaullieur, professeur. — Vice-Secrétaire, M. Grivel, archiviste.

Section de Littérature : Président, M. Jules Vuy, avocat. — Vice-Président, M. Cherbuliez-Bourrit, professeur. — Secrétaire, M. Henri Blanvallet. — Secrétaire-Adjoint, M. John Braillard.

Section des Beaux-Arts : Président, M. Franç. Diday. — Secrétaire, M. François Grast.

Section d'Industrie et d'Agriculture : Président, M. Marc Viridet. — Secrétaire, M. Olivet fils, docteur en médecine. — Secrétaire-Adjoint, M. Bouffier aîné. — Trésorier, M. Hugues Darier.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME QUATRIÈME.

I.

II.

III.

La suite de l'*Essai jurassique* sera donnée dans le prochain volume des Mémoires.



MÉMOIRE

SUR

LES NOMBRES INFÉRIEURS ET PREMIERS

A

UN NOMBRE DONNÉ.

PAR

G. OLTRAMARE

PROFESSEUR DE MATHÉMATIQUES A L'ACADÉMIE DE GENÈVE
ET MEMBRE DE L'INSTITUT GENEVOIS.

MÉMOIRE

SUR

LES NOMBRES INFÉRIEURS ET PREMIERS

A

UN NOMBRE DONNÉ.

§ 1. Soit a un nombre entier quelconque, nous pourrons poser:

$$a = \mu^m \nu^n \rho^p \dots$$

$\mu, \nu, \rho, \dots$ représentant des nombres premiers absolus; de plus, nous désignerons, pour abréger, par a_1 le produit de ces nombres premiers élevés seulement à la première puissance, de sorte que

$$a_1 = \mu \nu \rho \dots$$

Cela posé, on sait que la multitude des nombres entiers inférieurs et premiers à a, en comprenant l'unité dans cette multitude, est donnée par la formule

$$a\left(1-\frac{1}{\mu}\right)\left(1-\frac{1}{\nu}\right)\left(1-\frac{1}{\rho}\right)\dots = \mu^{m-1}(\mu-1)\,\nu^{n-1}(\nu-1)\,\rho^{p-1}(\rho-1)\dots$$

Si donc nous représentons par $\varphi(a)$ l'opération qui consiste à décomposer a dans ses facteurs premiers, et à former le produit de ces facteurs essentiellement différents élevés à une puissance moindre d'une unité par chacun de ces facteurs premiers diminué d'une unité, de sorte que

$$\varphi(a) = \varphi(\mu^m \nu^n \rho^p \dots) = \mu^{m-1}(\mu-1)\,\nu^{n-1}(\nu-1)\,\rho^{p-1}(\rho-1)\dots$$

$\varphi(a)$ représentera la multitude des nombres inférieurs et premiers à a. Pour faciliter la représentation des valeurs dont nous aurons à faire usage, nous conviendrons de désigner par :

$a\Big]_n^m$ la multitude des nombres premiers à a et compris entre m et n

$\Sigma\left(a\Big]_n^m\right)^k$ la somme des puissances k^{mes} des nombres premiers à a et compris entre m et n.

§ 2. Il résulte des conventions que nous venons d'établir que :

$$a\Big]^a = \varphi(a)$$

comme d'ailleurs il est manifeste qu'il existe entre ka et $(k+1)a$ autant de nombres premiers à a qu'il y en a entre o et a, nous aurons, quelle que soit la valeur du nombre entier m,

$$a\Big]^{ma} = m\varphi(a) \qquad (1)$$

et par suite

$$a\Big]_{na}^{ma} = (m-n)\varphi(a) = a\Big]^{(m-n)a} \qquad (2)$$

si dans la formule (1) nous posons $ma = n$, nous en déduirons

$$a\Big]^n = \frac{n}{a}\varphi(a)$$

si n est divisible par a, cette relation est parfaitement exacte, et l'on peut remarquer qu'elle conserve encore toute sa rigueur, lorsque $\frac{n}{a}\varphi(a)$ est un nombre entier, bien que n ne soit pas divisible par a.

En effet soit $e = a\Big]^n$ la multitude des nombres entiers inférieurs à n et premiers à a, nous aurons, quelle que soit la valeur du nombre entier x :

$$ex = a\Big]^{nx}$$

et si nous posons

$$nx = ma$$

nous aurons

$$a\Big]^{nx} = a\Big]^{ma} = m\varphi(a) = ex$$

et par suite

$$e = \frac{n}{a}\varphi(a)$$

§ 3. **Théorème I.** — *La somme des nombres inférieurs à ma et **premiers à a** est donnée par la formule:*

$$\Sigma \left(a \rceil^{ma} \right) = \frac{m^2}{2} a \, \varphi(a)$$

si les nombres inférieurs et premiers à a, rangés par ordre de grandeur, sont représentés par

$$1, \quad a', \quad a'', \ldots \quad a^{(k)}$$

nous aurons que l'ensemble des nombres inférieurs à ma, et premiers à a sera donné par:

$$\begin{array}{cccc}
1 \;, & a' & , \ldots & a^{(k)} \\
a + 1 \;, & a + a' & , \ldots & a + a^{(k)} \\
2a + 1 \;, & 2a + a' & , \ldots & 2a + a^{(k)} \\
\ldots & \ldots & & \\
(m-1)\,a + 1 \;, & (m-1)\,a + a' & , \ldots & (m-1)\,a + a^{(k)}
\end{array}$$

or, comme la multitude des nombres $1, a', a'', \ldots a^{(k)}$ est égale à $a \rceil^{a} = \varphi(a)$ nous aurons

$$\Sigma \left(a \rceil^{ma} \right) = \frac{m(m-1)}{2} a \left(a \rceil^{a} \right) + m \, \Sigma \left(a \rceil^{a} \right)$$

qu'on peut écrire sous la forme

$$\Sigma \left(a \rceil^{ma} \right) = \frac{m^2}{2} a \, \varphi(a) + m \left\{ \Sigma \left(a \rceil^{a} \right) - \frac{1}{2} a \, \varphi(a) \right\}$$

Il résulte de cette dernière relation que si nous posons:

$$\Sigma \left(a \rceil^{a} \right) = \frac{a}{2} \varphi(a) + \psi(a)$$

nous obtiendrons

$$\Sigma \left(a \rceil^{ma} \right) = \frac{m^2}{2} a \, \varphi(a) + m \, \psi(a)$$

il est facile de reconnaître que :

$$\psi(a) = 0$$

en effet, puisque les nombres $1, a', a'', \ldots a^{(k)}$ sont rangés par ordre de grandeur, nous aurons

$$1 + a^{(k)} = a$$
$$a' + a^{(k-1)} = a$$
$$\ldots\ldots$$

et par conséquent

$$\Sigma\left(a\,\big]^{a}\right) = 1 + a' + \ldots + a^{(k-1)} + a^{(k)} = \frac{a\left(a\,\big]^{a}\right)}{2} = \frac{1}{2}\,a\,\varphi(a)$$

relation qui montre que $\psi(a) = 0$; nous aurons donc

$$\Sigma\left(a\,\big]^{ma}\right) = \frac{m^2}{2}\,a\,\varphi(a) \qquad (1)$$

§ 4. Si nous remarquons que la formule que nous venons d'établir, peut s'écrire en supposant n différent de m :

$$\Sigma\left(a\,\big]^{ma}\right) = \frac{m^2}{2}\,a\,\varphi(a)$$

$$\Sigma\left(a\,\big]^{na}\right) = \frac{n^2}{2}\,a\,\varphi(a)$$

nous en déduirons

$$\Sigma\left(a\,\big]^{ma}\right) : \Sigma\left(a\,\big]^{na}\right) = m^2 : n^2$$

et par suite nous pouvons dire :

Théorème II. — *Si M et N sont deux nombres entiers qui ont un diviseur commun a, la somme de tous les nombres inférieurs à M et premiers à a sera à la somme de tous les nombres inférieurs à N et premiers à a dans le rapport de M^2 à N^2.*

La formule (1) du paragraphe précédent nous donne

$$\Sigma\left(a\,\big]_{na}^{ma}\right) = \frac{m^2 - n^2}{2}\,a\,\varphi(a)$$

nous aurons semblablement

$$\Sigma\left(a\,\big]_{n'a}^{m'a}\right) = \frac{m'^2 - n'^2}{2}\,a\,\varphi(a)$$

et par conséquence

$$\Sigma\left(a\,\big]_{na}^{ma}\right) : \Sigma\left(a\,\big]_{n'a}^{m'a}\right) = m^2 - n^2 : m'^2 - n'^2$$

cette proportion est une généralisation du théorème précédent qu'on peut énoncer :

Théorème III. *Si M, N, M' et N' sont quatre nombres entiers qui ont un commun diviseur a, la somme de tous les nombres compris entre M et N et premiers à a sera à la somme de tous les nombres compris entre M' et N' et premiers à a dans le rapport de $M^2 - N^2$ à $M'^2 - N'^2$.*

Nous aurons en vertu de l'équation (2) du § 2

$$a\Big]_{1}^{(m^2-n^2)a^2} = (m^2 - n^2)\, a\, \varphi(a)$$

comme d'ailleurs on a :

$$\Sigma\left(a\Big]_{na}^{ma}\right) = \frac{m^2-n^2}{2}\, a\, \varphi(a)$$

nous aurons

$$\Sigma\left(a\Big]_{na}^{ma}\right) = \frac{1}{2}\left(a\Big]^{(m^2-n^2)a^2}\right)$$

et l'on peut dire :

Théorème IV. *La somme des nombres compris entre ma et na et premiers à a, est égale à la moitié du nombre qui représente la multitude des nombres inférieurs à* $(m^2 - n^2)\, a^2$ *et premiers à a.*

En supposant $n = 0$, on obtient

$$\Sigma\left(a\Big]^{ma}\right) = \frac{1}{2}\left(a\Big]^{m^2a^2}\right)$$

c'est-à-dire que : *La somme des nombres inférieurs à ma et premiers à a, est égale à la moitié du nombre qui représente la multitude des nombres inférieurs à* m^2a^2 *et premiers à a.*

Si l'on remarque que l'on a identiquement

$$\Sigma\left(a\Big]_{na}^{ma}\right) = \frac{m^2-n^2}{2}\, a\, \varphi(a) = \frac{a}{2\varphi(a)}\,(m+n)\,\varphi(a)\,(m-n)\,\varphi(a) = \frac{a}{2\varphi(a)}\left(a\Big]^{(m+n)a}\right)\left(a\Big]^{(m-n)a}\right)$$

en supposant $a = 2$, on obtiendra

$$\Sigma\left(2\Big]_{2n}^{2m}\right) = 2\Big]^{2(m+n)} \cdot 2\Big]^{2(m-n)}$$

théorème qu'on peut énoncer de la manière suivante :

Théorème V. *La somme des nombres impairs compris entre deux nombres 2m et 2n est égale au produit des nombres qui expriment la multitude des nombres impairs inférieurs à* $2\,(m + n)$ *et* $2\,(m - n)$.

§ 5. Si nous remarquons que l'on a :

$$\Sigma\left(a\Big]^{ma}\right) = \frac{m^2}{2}\, a\, \varphi(a)$$

$$\Sigma\left(b\Big]^{nb}\right) = \frac{n^2}{2}\, b\, \varphi(b)$$

$$\Sigma \Big(c \Big]^{pc} \Big) = \frac{p^2}{2} c \varphi (c)$$

. . . .

nous aurons, en supposant a, b, c, . . . premiers entr'eux :

$$\Sigma \Big(a \Big]^{ma} \Big) \Sigma \Big(b \Big]^{nb} \Big) \Sigma \Big(c \Big]^{pc} \Big) \ldots = \frac{m^2 n^2 p^2 \ldots}{2^f} \varphi (a^2 b^2 c^2 \ldots) = \frac{1}{2^{f-1}} \Sigma \Big(a b c \ldots \Big]^{mnp \ldots abc} \Big)$$

f désignant le nombre des facteurs qu'on envisage.

En supposant qu'on en considère deux seulement, nous avons :

$$\Sigma \Big(a \Big]^{ma} \Big) \Sigma \Big(b \Big]^{nb} \Big) = \frac{1}{2} \Sigma \Big(ab \Big]^{mnab} \Big) = \frac{1}{4} \Big(ab \Big]^{m^2 n^2 a^2 b^2} \Big)$$

soit $m = b$ et $n = a$, il en résulte

$$\Sigma \Big(a \Big]^{ab} \Big) \; \Sigma \Big(b \Big]^{ab} \Big) = \frac{1}{2} \Sigma \Big(a b \Big]^{a^2 b^2} \Big) = \frac{1}{4} \Big(a b \Big]^{a^4 b^4} \Big)$$

soit $ab = m$ et de plus d et d', d'' et d''' etc., etc., deux diviseurs de m premiers entr'eux, tels que

$$m = dd' = d'' d''' = \ldots$$

nous aurons :

$$\Sigma \Big(d \Big]^{m} \Big) \Sigma \Big(d' \Big]^{m} \Big) = \Sigma \Big(d'' \Big]^{m} \Big) \Sigma \Big(d''' \Big]^{m} \Big) = \ldots = \frac{1}{2} \Sigma \Big(m \Big]^{m^2} \Big) = \frac{1}{4} \Big(m \Big]^{m^4} \Big)$$

§ 6. Théorème VI. *La somme des carrés des nombres inférieurs à ma et premiers à a, est donnée par la formule*

$$\Sigma \Big(a \Big]^{ma} \Big)^2 = \frac{m^3}{3} a^2 \varphi (a) + (-1)^x \frac{m}{2 . 3} a \varphi (a_1) \qquad (1)$$

dans laquelle x indique le nombre des facteurs premiers qui entrent dans a, et a_1 le produit de ces mêmes facteurs.

Pour démontrer cette formule, nous ferons remarquer qu'en désignant par a_k l'un quelconque des nombres inférieurs et premiers à a, en posant :

$$na + a_k$$

n devant recevoir toutes les valeurs inférieures à m, cette expression représentera tous les nombres inférieurs à ma et premiers à a ; nous pourrons donc écrire :

$$\Sigma \Big(a \Big]^{ma} \Big)^2 = \Sigma (n a + a_k)^2 = a^2 \Big(a \Big]^{a} \Big) \Sigma n^2 + 2 a \Sigma \Big(a \Big]^{a} \Big) \Sigma n + \Sigma \Big(a \Big]^{a} \Big)^2 \Sigma 1$$

et en effectuant les sommations, nous obtiendrons

$$\Sigma\left(a\right]^{ma}\Big)^2 = \frac{m^3}{3} a^2 \varphi(a) + m\left\{\Sigma\left(a\right]^{a}\Big)^2 - \frac{1}{3} a^2 \varphi(a)\right\}$$

en posant pour abréger

$$\Sigma\left(a\right]^{a}\Big)^2 = \frac{1}{3} a^2 \varphi(a) + \psi(a) \qquad (2)$$

nous aurons

$$\Sigma\left(a\right]^{ma}\Big)^2 = \frac{m^3}{3} a^2 \varphi(a) + m\,\psi(a) \qquad (3)$$

Pour déterminer la forme de la fonction $\psi(a)$, supposons

$$a = \mu^l b$$

μ étant un nombre premier absolu qui entre dans a, et faisons dans la formule (2) $a = \mu^{kl} b$, et dans la formule (3) $m = \mu^{kl-l}$, nous aurons, en remarquant que

$$\Sigma\left(\mu^{kl} b\right]^{\mu^{kl} b}\Big)^2 = \Sigma\left(\mu^l b\right]^{\mu^{kl} b}\Big)^2$$

les deux formules

$$\Sigma\left(\mu^l b\right]^{\mu^{kl} b}\Big)^2 = \frac{1}{3} \mu^{3kl-l}\, b^2 \varphi(\mu b) + \psi(\mu^{kl} b)$$

$$\Sigma\left(\mu^l b\right]^{\mu^{kl} b}\Big)^2 = \frac{1}{3} \mu^{3kl-l}\, b^2 \varphi(\mu b) + \mu^{kl-l}\, \psi(\mu^l b)$$

desquelles on déduit

$$\frac{\psi(\mu^l b)}{\mu^l b} = \frac{\psi(\mu^{kl} b)}{\mu^{kl} b} \qquad (4)$$

on voit par là que la fonction

$$\frac{\psi(a)}{a}$$

jouit de la propriété de conserver la même valeur lorsqu'on y substitue a^p au lieu de a, ou même lorsqu'à la place d'un des facteurs premiers de a, on met un facteur élevé à telle puissance qu'on veut.

Si $\psi(a)$ était une fonction continue, on pourrait conclure de ce qui précède, que

$$\frac{\psi(a)}{a}$$

est une quantité constante qu'on déterminerait à l'aide d'une valeur particulière qu'on donnerait à a; mais, dans le cas présent, cette conclusion serait fausse, puisque a doit

nécessairement être un nombre entier, et il est manifeste que si nous désignons, comme nous en sommes convenu, par $a_{,}$ le produit des nombres premiers qui entrent dans a, nous pouvons poser en vertu de la relation (4)

$$\psi(a) = a\,\xi(a_{,}) \qquad (5)$$

ξ désignant une fonction arbitraire que nous allons chercher à déterminer en prenant pour a différentes valeurs.

Si nous supposons d'abord $a = \mu$ nous aurons :

$$\Sigma\left(\mu\right]^{\mu}\Big)^2 = 1^2 + 2^2 + 3^2 + \ldots + (\mu - 1)^2 = \frac{2\mu^3 - 3\mu - \mu}{6}$$

et par suite l'équation (2) nous donnera :

$$\psi(\mu) = -\frac{\mu^2 - \mu}{2.3} = -\frac{1}{2.3}\mu\,\varphi(\mu)$$

la fonction arbitraire $\xi(a_{,}) = \xi(\mu)$ sera donc $-\frac{1}{2.\,3}\varphi(\mu)$.

Ainsi donc, en vertu de la formule (3) on obtiendra la relation (1) qui doit être considérée comme démontrée dans le cas où a est un nombre premier ou une puissance quelconque d'un nombre premier.

Si nous supposons en second lieu $a = b\rho$, b représentant le produit de tant de facteurs premiers qu'on voudra différents entr'eux ainsi que du nombre premier ρ, nous aurons à l'aide des relations (2) et (3)

$$\Sigma\left(b\rho\right]^{b\rho}\Big)^2 = \frac{1}{3}b^2\rho^2(\rho - 1)\varphi(b) + \psi(b\rho)$$

$$\Sigma\left(b\right]^{b}\Big)^2 = \frac{1}{3}b^2\varphi(b) + \psi(b)$$

$$\Sigma\left(b\right]^{b\rho}\Big)^2 = \frac{\rho^3}{3}b^2\varphi(b) + \rho\,\psi(b)$$

comme d'ailleurs il est facile de reconnaître que l'on a

$$\Sigma\left(b\rho\right]^{b\rho}\Big)^2 + \rho^2\,\Sigma\left(b\right]^{b}\Big)^2 = \Sigma\left(b_{,}\right]^{b\rho}\Big)^2$$

on obtiendra en effectuant les substitutions

$$\psi(b\rho) = -\rho(\rho - 1)\psi(b)$$

et par suite

$$\xi(b\rho) = -(\rho - 1)\xi(b)$$

En supposant successivement b égal à un nombre premier, puis au produit de deux, de trois, etc., nombres premiers, on obtient :

$$\xi(\mu) = -\frac{1}{2.3}(\mu-1) = -\frac{1}{2.3}\varphi(\mu)$$

$$\xi(\mu\nu) = \frac{1}{2.3}(\mu-1)(\nu-1) = \frac{1}{2.3}\varphi(\mu\nu)$$

$$\xi(\mu\nu\rho) = -\frac{1}{2.3}(\mu-1)(\nu-1)(\rho-1) = -\frac{1}{2.3}\varphi(\mu\nu\rho)$$

. . . .

$$\xi(a_{,}) = (-1)^{\alpha}\frac{1}{2.3}\varphi(a_{,})$$

on aura donc la relation (1) à l'aide de cette dernière relation et des équations (3) et (5).

On établira d'une manière analogue les formules suivantes :

$$\Sigma\left(a\rceil^{ma}\right)^{3} = \frac{m^{4}}{4}a^{3}\varphi(a) + (-1)^{\alpha}\frac{m^{2}}{4}a^{2}\varphi(a_{,})$$

$$\Sigma\left(a\rceil^{ma}\right)^{4} = \frac{m^{5}}{5}a^{4}\varphi(a) + (-1)^{\alpha}\frac{m^{3}}{3}a^{3}\varphi(a_{,}) - (-1)^{\alpha}\frac{m}{2.3.5}a\,\xi(a_{,})$$

en représentant par $\xi(a_{,})$ le produit $(\mu^{3}-1)(\nu^{3}-1)(\rho^{3}-1)\ldots$ $\mu, \nu, \rho, \ldots$ désignant les différents nombres premiers qui entrent dans a.

§ 7. Si dans la formule (1) du § précédent, nous faisons $\varphi(a_{,}) = a_{,}\frac{\varphi(a)}{a}$ nous en déduisons :

$$\frac{\Sigma\left(a\rceil^{ma}\right)^{2}}{\Sigma\left(a\rceil^{na}\right)^{2}} = \frac{m}{n}\left\{\frac{2m^{2}a^{2} + (-1)^{\alpha}a_{,}}{2n^{2}a^{2} + (-1)^{\alpha}a_{,}}\right\}$$

qu'on peut écrire

$$\frac{\Sigma\left(a\rceil^{ma}\right)^{2}}{\Sigma\left(a\rceil^{na}\right)^{2}} = \frac{m^{3}}{n^{3}} + \frac{(-1)^{\mu}m(n^{2}-m^{2})}{n^{3}(2n^{2}a^{2} + (-1)^{\alpha}a_{,})}$$

Si l'on remarque que la fraction

$$\frac{(-1)^{\alpha}m(n^{2}-m^{2})}{n^{3}(2n^{2}a^{2} + (-1)^{\alpha}a_{,})}$$

est d'autant plus petite 1° que m et n ont des valeurs plus rapprochées,
2° que n est plus grand,
3° que a est plus grand,
on pourra dans ces différents cas poser avec beaucoup d'approximation

$$\frac{\Sigma\left(a\right]^{ma}\Big)^2}{\Sigma\left(a\right]^{na}\Big)^2}=\frac{m^3}{n^3}$$

formule assez remarquable en ce que le nombre a n'entre pas dans le second membre.

En supposant $a = 2$ on obtient

$$\frac{m}{n}=\sqrt[3]{\frac{1+3^2+5^2+\ldots+(2m-1)^2}{1+3^2+5^2+\ldots+(2n-1)^2}}$$

formule d'autant plus exacte que m et n sont plus grands et ont des valeurs plus rapprochées.

MÉMOIRE

SUR

LES QUANTITÉS INFINIES.

PAR

G. OLTRAMARE

PROFESSEUR DE MATHÉMATIQUES A L'ACADÉMIE DE GENÈVE
ET MEMBRE DE L'INSTITUT GENEVOIS.

MÉMOIRE

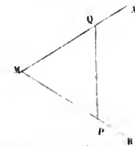
SUR

LES QUANTITÉS INFINIES.

§ 1. On entend généralement par *quantité infinie* une quantité plus grande que toute grandeur assignable. Or, comme il n'existe pas dans la nature de telle quantité, il s'en suit que toute quantité infinie n'est qu'une pure abstraction de notre esprit, abstraction par laquelle nous ôtons à une quantité finie l'idée de limite.

Il résulte de là, que, lorsque nous voudrons nous faire une idée précise d'une semblable grandeur, il faudra la concevoir engendrée par une quantité finie que nous appellerons sa *génératrice;* celle-ci, en augmentant indéfiniment, se confondra avec la quantité infinie dont on veut représenter la grandeur.

Qu'on se propose de former l'expression de la surface infinie comprise entre deux



droites infinies MA et MB; nous considérerons la surface finie comprise dans l'angle M et limitée par une droite quelconque PQ; puis, par la pensée, nous concevrons que cette droite s'éloigne de plus en plus du sommet M, de manière à ce que la surface du triangle MQP, qui sera la génératrice de la surface, devienne plus grande que toute quantité assignable, et nous aurons la surface infinie proposée.

Nous voyons par là, que, lorsque nous voudrons exprimer analytiquement une quantité infinie, il faudra commencer par déterminer sa génératrice. Celle-ci sera donnée par une fonction de une ou plusieurs variables, dont la forme sera telle qu'en donnant aux

variables des valeurs se rapprochant simultanément de certaines limites, qui elles-mêmes peuvent être infinies, la fonction acquerra une valeur de plus en plus grande, sans qu'on puisse fixer de borne à sa grandeur.

En général, nous représenterons par

$$\Big[\varphi(x, y, \ldots) \Big]^{\substack{x=x_0 \\ y=y_0 \\ \ldots}}$$

l'expression analytique d'une quantité infinie dont la fonction génératrice $\varphi(x, y, ..)$ est telle qu'en donnant aux variables $x, y,..$ des valeurs se rapprochant simultanément des limites $x, y,..$ la fonction devient de plus en plus grande, sans qu'on puisse assigner de limite à sa grandeur.

C'est ainsi que les expressions

$$\Big[\frac{x^n}{x^m - a^m} \Big]^{x=a}$$

$$\Big[a^{2^{p+1}-1} \Big]^{p=\infty} \quad a > 1$$

$$\Big[(a+b)(a^2+b^2)(a^4+b^4) \ldots (a^{2^p}+b^{2^p}) \Big]^{p=\infty}$$

représentent des quantités infinies dont les modes de génération sont différents.

Bien que les quantités infinies n'existent que par une conception de notre esprit, et qu'on ne puisse les exprimer dans leurs valeurs absolues, cependant on est souvent appelé à les considérer dans les rapports qu'elles peuvent avoir les unes avec les autres, et nous pensons qu'il ne sera pas inutile d'attirer l'attention sur ce sujet, qui ne laisse pas de présenter quelques difficultés.

§ 2. Si l'on remarque que dès l'instant qu'on cherche à représenter les grandeurs on voit apparaître les quantités infinies, on reconnaîtra que ce n'est qu'en remontant à cette représentation même qu'on pourra se rendre compte de la cause qui leur donne naissance, en approfondir la nature et apprécier ainsi l'avantage que l'analyse en peut retirer.

Toute grandeur ou quantité a une certaine relation avec une seconde grandeur de même espèce, à laquelle on la compare, c'est-à-dire qu'elle est plus grande, égale

ou plus petite, qu'elle y est contenue ou la contient d'une certaine manière; le résultat de cette comparaison est le *rapport* de ces deux quantités.

L'expression du rapport d'une quantité à une autre de même espèce que l'on suppose conserver une valeur fixe, porte le nom de *nombre;* c'est donc au moyen des nombres que nous représentons les différentes quantités.

Concevons qu'on nous propose de représenter une quantité quelconque plus petite, égale ou plus grande que l'unité à laquelle on veut la comparer, unité qui doit avoir été préalablement définie.

Si la quantité donnée contient un nombre exact de fois cette unité, sa représentation est *un nombre entier*.

Si l'unité n'entre pas un nombre exact de fois dans la quantité proposée, on peut cependant, à l'aide d'une convention, exprimer en général la quantité donnée au moyen de deux nombres entiers.

Pour cela, supposons qu'on divise l'unité elle-même en un certain nombre de parties égales.

D'abord en deux, et examinons si la quantité proposée peut être égale à une, deux, trois, etc., de ces parties.

Puis en trois, et examinons de même si la quantité proposée peut être égale à une, deux, trois, etc., de ces parties.

Continuons ainsi à diviser l'unité en autant de parties égales qu'il y a d'unités dans la suite naturelle des nombres entiers, quatre, cinq, six, etc., jusqu'à ce qu'on trouve en combien de parties égales il faut diviser l'unité et combien l'on doit prendre des parties qui résultent de cette division, pour avoir une quantité égale à la quantité proposée. Tel est le principe de convention que l'on doit suivre pour se faire une juste idée de la grandeur d'une quantité par le moyen de deux nombres entiers.

En procédant de cette manière, il pourra arriver :

1° Qu'en divisant l'unité en un nombre convenable de parties égales on puisse égaler une quantité proposée à un certain nombre de ces parties.

2° Que, quel que soit le nombre des parties égales dans lequel on divise l'unité, il n'existe aucun nombre de ces parties qui puisse représenter exactement la quantité proposée.

§ 3. Pour nous rendre compte de cette dernière circonstance, considérons l'unité comme divisée en un certain nombre de parties égales; une quantité quelconque, appartenant à ce second cas, sera évidemment plus grande que le plus grand nombre de ces parties qu'elle contient, et plus petite que ce même nombre, augmenté d'une de ces parties.

Nous pouvons donc dire qu'en égalant la quantité proposée au nombre le plus grand de ces parties qu'elle contient, nous aurons une quantité plus petite que la quantité donnée; mais en ajoutant une seule de ces parties, nous aurons une quantité plus grande. Si, en outre, nous faisons attention que les parties, dans lesquelles on suppose l'unité divisée, sont d'autant plus petites que le nombre en est plus grand, la quantité à laquelle nous égalerons la quantité proposée différera d'autant moins de la quantité donnée que nous supposerons l'unité divisée en plus de parties; si donc nous considérons l'unité comme divisée dans le plus grand nombre de parties possible, la grandeur des parties sera la plus petite quantite possible, et la quantité à laquelle nous égalons la quantité proposée différera de la quantité donnée le moins qu'il lui sera possible, ou, en d'autres termes, lui sera rigoureusement égale.

Nous voyons ainsi que ce second cas n'est qu'un cas particulier du premier, celui qui exige que, pour pouvoir égaler la quantité proposée à un certain nombre de parties de l'unité, il faille diviser l'unité en un nombre infini de parties égales.

Les quantités qui donnent lieu à ce cas exceptionnel portent le nom de *quantités irrationnelles*, par opposition aux quantités qui, rentrant dans le premier cas, portent celui de *quantités rationnelles*. Ainsi, par sa nature, une quantité n'est ni rationnelle ni irrationnelle; elle reçoit cette dénomination selon qu'elle peut ou ne peut pas être exprimée par le mode de représentation dont le calculateur se sert.

Lorsqu'une quantité n'est pas exprimable sous forme de fraction, elle ne peut en aucune façon être mise sous la forme de $\frac{a}{b}$. Cependant si l'on remarque qu'en donnant à b et par suite à a des valeurs de plus en plus grandes, la fraction $\frac{a}{b}$ s'approche indéfiniment de la valeur de la quantité qu'on veut représenter, il en résultera qu'en supposant b et par suite a égaux à l'infini, la quantité irrationnelle proposée sera représentée par le rapport de deux quantités infinies; ainsi donc : l'*impossibilité de*

mettre une quantité irrationnelle sous la forme ordinaire des fractions se manifestera dans le calcul, en ce que la valeur de la quantité se présentera sous la forme de l'infini divisé par l'infini.

§ 4. On se contenta longtemps, en arithmétique, des fractions ordinaires pour représenter les quantités dont on avait besoin; mais en reconnaissant les avantages que présente le calcul décimal, on voulut tout y assujettir. On imagina les fractions décimales, et l'on chercha à représenter les fractions ordinaires sous cette nouvelle forme. On donna des règles pour cette conversion, mais ces règles devaient de toute nécessité être en défaut dans certains cas, puisqu'on limitait les nombres qui pouvaient être employés comme dénominateurs.

En effet, pour exprimer les quantités par les fractions ordinaires, on est maître du dénominateur, c'est-à-dire qu'on peut diviser l'unité en autant de parties égales que l'on veut; dans le système décimal, on limite cette liberté, et il n'est plus possible de prendre pour dénominateur un autre nombre qu'une puissance de 10. Or, sera-t-il toujours possible, en divisant l'unité en $10, 10^2, 10^3\dots$ parties, que la quantité qu'on veut représenter contienne un nombre exact de ces parties? Il était facile de pressentir que non, et de prévoir que des quantités qui étaient rationnelles, dans la représentation par les fractions ordinaires, allaient se présenter sous forme irrationnelle dans le nouveau système. Mais, malgré cette impossibilité, on a voulu le faire; on avait établi la règle pour le cas où la conversion d'une fraction ordinaire en fraction décimale pouvait s'effectuer, et cette règle on l'a forcée, on a voulu qu'elle fût applicable à tous les cas, on a voulu l'impossible. Qu'en devait-il résulter? C'est que cette impossibilité devait se manifester d'une manière quelconque, et que la forme du résultat devait l'exprimer. En conséquence, il en est ressorti une idée nouvelle, l'idée de l'infini; le nombre des chiffres décimaux s'est trouvé illimité, ou, en d'autres termes, la fraction décimale a été donnée par le quotient de deux quantités infinies.

Qu'on prenne, par exemple, $\frac{1}{3}$ qui est une quantité rationnelle exprimée par les fractions ordinaires; si l'on veut exprimer cette même grandeur par les fractions décimales, on trouvera

$$0,3333\dots.$$

ou, ce qui est la même chose, le rapport des deux quantités infinies

$$\frac{3333.....}{10000}$$

Si, d'ailleurs, on remarque que l'on a

$$0,3333... = \frac{3}{10} + \frac{3}{10^2} + \frac{3}{10^3} + ...$$

l'impossibilité d'exprimer $\frac{1}{3}$ en fraction décimale se manifeste par le fait que la conversion donne lieu à une série, dont le nombre des termes est infini.

§ 5. Toutefois il ne faut pas croire que, si l'on n'eût pas imaginé les fractions décimales, les séries d'un nombre infini de termes ne se fussent pas manifestées au moyen des fractions ordinaires.

Les fractions ordinaires peuvent bien exprimer, sous forme finie, des quantités pour la représentation desquelles les fractions décimales demandent l'emploi du rapport de deux quantités infinies ou des séries infinies, mais les fractions ordinaires elles-mêmes sont loin de pouvoir représenter toutes les nuances de la quantité.

Si nous désignons par a une quantité irrationnelle par rapport au mode de représentation par les fractions ordinaires, et si néanmoins nous voulons exprimer cette quantité à l'aide de ces fractions, nous allons voir naître une série infinie ou le rapport de deux quantités infinies. Puisque la quantité a ne peut pas être exprimée au moyen d'une fraction ordinaire, prenons-en deux; mais, que nous combinions ces deux fractions par voie d'addition, de soustraction, de multiplication ou de division, nous pourrons toujours, par les règles connues sur les fractions, les réduire à une seule; ainsi comme une seule fraction ne peut pas exprimer la quantité proposée, deux fractions ne le peuvent pas davantage. Que nous prenions trois, quatre, mille, un million de fractions, nous pourrons toujours réduire ces fractions à une seule, et par suite il sera impossible, aussi longtemps qu'on voudra se contenter d'un nombre limité de fractions, de jamais exprimer exactement la quantité irrationnelle proposée. Mais si nous prenons un nombre infini de fractions, nous ne pourrons plus les réduire à une seule, et par suite il ne sera plus impossible d'exprimer la quantité au moyen des fractions ordinaires. Ce n'est donc que sous cette condition de prendre un nombre illimité de fractions ou une série infinie, que nous pourrons arriver à notre but. Nous

voyons ainsi que lorsque nous voulons exprimer une quantité sous une forme qui ne lui convient pas, cette impossibilité se manifeste sous deux formes différentes, qui, au fond, sont équivalentes : la valeur de la quantité est donnée tantôt par le rapport de deux quantités infinies, tantôt par une série, dont le nombre des termes est infini. *L'idée de l'infini naît donc, dans l'un comme dans l'autre cas, de ce que l'on veut représenter sous certaines formes particulières des quantités qui, par leur nature, ne peuvent pas l'être.*

§ 6. Si l'on divise a par $a-x$ on trouve

$$\frac{a}{a-x} = 1 + \frac{x}{a} + \frac{x^2}{a^2} + \frac{x^3}{a^3} + \cdots \qquad (1)$$

dont le second membre est une série d'un nombre infini de termes.

La considération de cette expression pourrait paraître une objection à ce que nous venons de dire, car le premier membre est une fraction ordinaire lorsque x est plus grand ou plus petit que a, et le second membre une somme de fractions ordinaires.

Quelle est donc la cause qui, dans cette circonstance, donne naissance à une série dont le nombre des termes est infini ?

Ici, comme dans tous les autres cas, on exécute une opération qui est impossible, car on veut que l'expression $\frac{a}{a-x}$ soit égale à une somme de termes d'une forme fixe et déterminée, à savoir à la somme des différentes puissances de $\frac{a}{x}$; en d'autres termes, on prétend qu'en réduisant les fractions au même dénominateur, $\frac{a}{a-x}$ puisse être égal à une fraction $\frac{P}{a^m}$. Nous nous trouvons dans un cas parfaitement analogue à celui où l'on voudrait exprimer une fraction ordinaire au moyen d'une fraction décimale.

Ainsi donc, *l'infini dans le nombre des termes d'une série, peut naître de ce qu'on a déterminé la forme des termes, par lesquels on veut représenter la quantité proposée.*

Il résulte de cette remarque que

Toute quantité peut être représentée par des expressions, dans lesquelles entre un nombre infini de termes, et cela d'une multitude de manières différentes, en variant la forme des termes par lesquels on désire l'exprimer.

§ 7. L'impossibilité d'exécuter une opération, qui se manifeste par l'apparition d'une série d'un nombre infini de termes, ou par le rapport de deux quantités infinies, se révèle souvent aussi par des formes un peu différentes ; mais, au fond, ces nouvelles formes qui contiennent toujours la notion d'infini, sont équivalentes aux premières.

Supposons, par exemple, qu'on se propose d'exprimer un nombre entier par le produit de plusieurs fractions, de telle sorte que le produit des nominateurs soit premier avec celui des dénominateurs.

Évidemment cette décomposition est impossible, et si nous voulons tenter de l'effectuer, nous verrons naître un nombre infini de facteurs pour représenter la quantité proposée.

Par exemple, si l'on remarque que l'on a identiquement :

$$\frac{a}{a-x} = \frac{a+x}{a} \cdot \frac{a^2}{a^2-x^2}$$

en faisant dans cette relation $a = a^2$ et $x = x^2$, on obtiendra :

$$\frac{a^2}{a^2-x^2} = \frac{a^2+x^2}{a^2} \cdot \frac{a^4}{a^4-x^4}$$

on déduira de même de cette formule :

$$\frac{a^4}{a^4-x^4} = \frac{a^4+x^4}{a^4} \cdot \frac{a^8}{a^8-x^8}$$

et ainsi de suite.

On aura donc identiquement :

$$\frac{a}{a-x} = \frac{a+x}{a} \cdot \frac{a^2+x^2}{a^2} \cdot \frac{a^4+x^4}{a^4} \cdots$$

relation qui nous montre que lorsqu'on voudra exprimer $\frac{a}{a-x}$ par le produit de facteurs de la forme $\frac{a^{2^p}+x^{2^p}}{a^{2^p}}$ on ne le pourra pas. Si, néanmoins, on veut l'effectuer, le calcul indiquera cette impossibilité en donnant pour la valeur de la quantité un produit, dont le nombre des facteurs sera infini.

Du reste, l'impossibilité de mettre la valeur $\frac{a}{a-x}$ sous la forme d'une somme de fractions, dont les dénominateurs sont les différentes puissances de a, ou sous la forme du produit d'un certain nombre de facteurs de la forme $\frac{a^{2^p}+x^{2^p}}{a^{2^p}}$ aurait pu se manifester par l'apparition du rapport de deux quantités infinies.

En effet, si l'on remarque qu'en désignant par p un nombre entier quelconque, on a :

$$\frac{a^p - x^p}{a^{p-1}(a-x)} = 1 + \frac{x}{a} + \frac{x^2}{a^2} + \cdots + \frac{x^{p-1}}{a^{p-1}}$$

en supposant p égal à l'infini on en déduira :

$$\frac{a}{a-x} = 1 + \frac{x}{a} + \frac{x^2}{a^2} + \ldots = \frac{\left[a^p - x^p\right]^{p=\infty}}{(a-x)\left[a^{p-1}\right]^{p=\infty}}$$

On peut de même faire observer que l'on a :

$$\frac{a}{a-x} = \frac{a+x}{a} \cdot \frac{a^2+x^2}{a^2} \cdot \frac{a^4+x^4}{a^4} \ldots = \frac{\left[(a+x)(a^2+x^2)(a^4+x^4)\ldots(a^{2^p}+x^{2^p})\right]^{p=\infty}}{\left[a^{2^{p+1}-1}\right]^{p=\infty}}$$

En résumé, nous pouvons dire que :

Toutes les fois qu'on voudra représenter une quantité sous une forme déterminée qu'elle ne peut pas affecter, cette impossibilité se manifestera dans le calcul par le fait qu'on trouvera, pour représenter cette quantité, une expression composée, soit d'un nombre infini d'addendes ou de facteurs, soit le rapport de deux quantités infinies, soit encore des formes équivalentes, dans lesquelles apparaîtra constamment la notion de l'infini.

Réciproquement :

Si la notion de l'infini entre dans l'expression d'une quantité, c'est une preuve que la quantité a été mise sous une forme qui ne lui convient pas.

§ 8. Si l'on désigne par n un nombre aussi grand que l'on veut, sans cependant être infini, la fraction $\frac{1}{n}$ sera une quantité d'autant plus petite que n sera plus grand, et il est facile de voir qu'en répétant cette quantité un nombre de fois exprimé par an, le résultat sera égal à a, ce dernier nombre pouvant être aussi grand que l'on veut. Il résulte de cette observation, qu'en répétant une fraction aussi petite que l'on veut, un nombre infini de fois, le résultat sera plus grand que toute grandeur assignable.

Cela posé, nous pouvons remarquer, que l'introduction de cette idée de l'infini dans le nombre des termes d'une série, dont la somme est une quantité fixe, présente tout-à-coup à l'esprit quelque chose de paradoxal. On ne comprend pas comment une somme de quantités, qui peuvent être toutes positives et en nombre infini, peut

ne donner pour somme qu'une quantité finie d'une valeur souvent bien faible ; comment, par exemple, la somme des quantités

$$1 + \frac{x}{a} + \frac{x^2}{a^2} + \cdots$$

prolongées jusqu'à l'infini, est égale à $\frac{a}{a-x}$ comme cela résulte de la division de a par $a-x$.

Nous pourrons facilement nous rendre compte de cette circonstance, si nous faisons observer qu'une quantité finie peut, quelle que soit sa grandeur, être formée par l'addition d'une fraction de cette quantité, plus du reste qu'on obtient, en retranchant de cette quantité cette même fraction ; en d'autres termes, si nous remarquons qu'on a identiquement

$$a = \varphi a + (1 - \varphi) a$$

a désignant une quantité finie, et φ une fraction plus petite que l'unité.

Si l'on pose, pour abréger,

$$(1 - \varphi) a = a'$$

a' sera une quantité finie plus petite que a, et nous pourrons faire sur a' le même raisonnement que sur a.

Si donc nous désignons par φ, φ', φ'', φ''',... une suite de fractions, nous aurons

$$(1 - \varphi) a = a' = \varphi' a' + (1 - \varphi') a'$$
$$(1 - \varphi') a' = a'' = \varphi'' a'' + (1 - \varphi'') a''$$
$$(1 - \varphi'') a'' = a''' = \varphi''' a''' + (1 - \varphi''') a'''$$
. . . .

Si l'on admet que la série des fractions φ, φ', φ'', φ''',... sont toutes plus petites que l'unité, aucun des restes a', a'', a''',... ne sera nul, et par suite la valeur de a sera donnée par une suite infinie de termes qu'on peut écrire :

$$a = \varphi a + (1 - \varphi) \varphi' a + (1 - \varphi) (1 - \varphi') \varphi'' a + (1 - \varphi) (1 - \varphi') (1 - \varphi'') \varphi''' a + \cdots \quad (a)$$

Comme chaque terme représente une partie de la quantité a, on s'approchera de plus en plus de cette valeur, à mesure que l'on prendra un plus grand nombre de termes, sans cependant jamais l'atteindre, et il faut concevoir que la série est prolongée à l'infini, pour avoir réellement la valeur du premier membre.

Si l'une des fractions de la suite φ, φ', φ'', φ''',... était égale à l'unité, par exemple $\varphi^{(n)}$, cela signifierait que l'on prend le reste en entier ; par suite, la valeur de $a^{(n+1)}$ serait

nulle, et la série n'aurait plus un nombre infini de termes. Si donc on prend un nombre n de termes, la somme de tous les termes que l'on néglige peut toujours s'estimer exactement, et sera donnée par l'expression

$$e = (1 - \varphi)(1 - \varphi')(1 - \varphi'')\ldots(1 - \varphi^{(n-1)})\, a$$

Il est facile de voir qu'en prenant n suffisamment grand, c'est-à-dire, en prenant un nombre suffisant de termes dans la série, l'erreur qu'on commettra pourra être rendue plus petite que toute quantité donnée.

On voit ainsi que si une série infinie ne donne pour somme qu'une quantité finie, cela tient à ce que, si l'on prend un nombre suffisant de termes, rien ne limite la petitesse de la somme des termes que l'on néglige, circonstance que ne présente pas une somme infinie de quantités égales, bien que ces quantités puissent être considérées comme aussi petites que l'on veut, sans cependant être rigoureusement nulles.

§ 9. Suivant la loi qu'on adoptera pour la formation des différentes fractions φ, φ', φ'', φ''',... on obtiendra des suites différentes pour représenter la valeur de a.

1° Si l'on suppose toutes ces fractions égales entr'elles et égales à $\frac{1}{n}$ nous aurons pour leur substitution dans l'égalité (a)

$$1 = \frac{1}{n} + \frac{n-1}{n}\cdot\frac{1}{n} + \left(\frac{n-1}{n}\right)^2\frac{1}{n} + \left(\frac{n-1}{n}\right)^3\frac{1}{n} + \ldots$$

et faisant $n = \frac{a}{a-x}$ nous pourrons écrire

$$\frac{a}{a-x} = 1 + \frac{x}{a} + \frac{x^2}{a^2} + \frac{x^3}{a^3} + \cdots$$

2° Si nous faisons

$$\varphi = \frac{n}{n+a},\ \varphi' = \frac{n+a}{n+2a},\ \varphi'' = \frac{n+2a}{n+3a},\ \ldots$$

il en résultera

$$1 - \varphi = \frac{a}{n+a},\ 1 - \varphi' = \frac{a}{n+2a},\ 1 - \varphi'' = \frac{a}{n+3a},\ \ldots$$

et par suite l'égalité (a) nous donnera :

$$\frac{a}{n+a} = \frac{a}{n+2a} + \frac{1}{n+a}\cdot\frac{a^2}{n+3a} + \frac{1}{(n+a)(n+2a)}\cdot\frac{a^3}{n+4a} + \cdots \qquad (1)$$

3° Si nous posons

$$\varphi = \frac{1}{n},\ \varphi' = \frac{1}{n+a},\ \varphi'' \frac{1}{n+2a},\ \ldots$$

nous trouverons

$$1 - \varphi = \frac{n-1}{n},\ 1 - \varphi' = \frac{n+a-1}{n+a},\ 1 - \varphi'' = \frac{n+2a-1}{n+2a},\ \ldots$$

et par suite l'égalité (a) pourra s'écrire :

$$1 = \frac{1}{n+a} + \frac{n+a-1}{n+a}\cdot\frac{1}{n+2a} + \frac{n+a-1}{n+a}\cdot\frac{n+2a-1}{n+2a}\cdot\frac{1}{n+3a} + \ldots \qquad (2)$$

multipliant cette identité par $n + a$ et divisant par $n + a - 1$, on trouve :

$$1 = \frac{1}{n+2a} + \frac{n+2a-1}{n+2a}\cdot\frac{1}{n+3a} + \frac{n+2a-1}{n+2a}\cdot\frac{n+3a-1}{n+3a}\cdot\frac{1}{n+4a} + \ldots$$

multipliant de nouveau cette identité par $n + 2a$ et divisée par $n + 2a - 1$, on a :

$$1 = \frac{1}{n+3a} + \frac{n+3a-1}{n+3a}\cdot\frac{1}{n+4a} + \frac{n+3a-1}{n+3a}\cdot\frac{n+4a-1}{n+4a}\cdot\frac{1}{n+5a} + \ldots$$

et en continuant ainsi, on trouvera généralement :

$$1 = \frac{1}{n+ka} + \frac{n+ka-1}{n+ka}\cdot\frac{1}{n+(k+1)a} + \frac{n+ka-1}{n+ka}\cdot\frac{n+(k+1)a-1}{n+(k+1)a}\cdot\frac{1}{n+(k+2)a} + \ldots (3)$$

mais en faisant dans la formule (2) $a = ka$, on obtient :

$$1 = \frac{1}{n+ka} + \frac{n+ka-1}{n+ka}\cdot\frac{1}{n+2ka} + \frac{n+ka-1}{n+ka}\cdot\frac{n+2ka-1}{n+2ka}\cdot\frac{1}{n+3ka} + \ldots \qquad (4)$$

§ 10. On appelle *limite d'une série infinie* la quantité vers laquelle la série tend, à mesure que l'on prend un plus grand nombre de termes, sans qu'elle puisse jamais l'atteindre, quel que soit le nombre des termes qu'on envisage. C'est ainsi que $\frac{a}{a-x}$ est la limite de la série infinie

$$1 + \frac{x}{a} + \frac{x^2}{a^2} + \frac{x^3}{a^3} + \ldots$$

Bien qu'une expression puisse être développée en série d'une multitude de manières différentes, et que ces développements permettent de résoudre un grand nombre de questions, il ne faut pas croire cependant, que toutes les espèces de séries puissent être admises dans le calcul, et qu'elles présentent toutes les mêmes avantages. Les formules mathématiques ne sont que la traduction d'idées dans une langue admirable, dont l'algorithme peut souvent être d'un grand secours au calculateur, mais les formules ne doivent qu'aider, et non conduire aveuglement, celui qui s'en sert. L'idée

de l'infini, introduite dans les séries, n'a pas toujours suffisamment préoccupé ceux qui ont fait usage de ce nouveau genre de formules. Souvent, en laissant cette idée de côté, on a appliqué aux séries infinies les mêmes propriétés qu'on avait reconnues être vraies pour les formules ordinaires, et il en est résulté de véritables erreurs dans les résultats qu'on a obtenus.

Pour faciliter l'exposition de ce que nous avons à dire sur cette matière, nous prendrons la formule précédente; nous prévenons seulement le lecteur que les considérations, dans lesquelles nous allons entrer, sont applicables à tous les cas.

Considérons la série infinie

$$S = 1 + \frac{x}{a} + \frac{x^2}{a^2} + \cdots$$

dont la limite est $\frac{a}{a-x}$.

Si nous donnons à a une valeur quelconque plus grande que x, et si nous calculons la valeur de la série en nous arrêtant à un terme de rang n, nous trouverons pour la somme une certaine valeur $S_n < \frac{a}{a-x}$ qui différera de S aussi peu qu'on le voudra en prenant n suffisamment grand (Voyez § 9).

Qu'on nous demande maintenant la valeur de la série à une fraction près marquée par $\frac{1}{m}$: il suffira, pour avoir la valeur de la série, au degré d'approximation demandé, de tenir compte d'un nombre de termes d'autant plus considérable que nous attribuerons à $\frac{a}{x}$ une valeur plus petite se rapprochant de l'unité; de sorte que, lorsqu'on supposerait $a = x$, il faudrait prendre un nombre infini ou tous les termes de la série pour en avoir la valeur au degré d'approximation demandé, quel que fût ce degré; seulement, pour une approximation plus ou moins grande, il faudrait plus ou moins de termes pour une même valeur de a.

Mais si, continuant de prendre pour a des valeurs de plus en plus petites, nous faisons $a < x$, qu'en résultera-t-il?—Puisque, pour $a = x$, le nombre de termes qu'il faut prendre pour avoir la valeur de $S = \frac{a}{a-x}$, est un nombre infini de termes; pour une valeur $a < x$, il faudra prendre un nombre de termes supérieurs à l'infini, afin de retrouver cette même valeur $\frac{a}{a-x}$, qui représente la somme de tous les termes de

la série. Or, prendre un nombre de termes supérieurs à l'infini ne saurait avoir un autre sens que le suivant : c'est que la série prolongée simplement jusqu'à l'infini ne saurait plus avoir $\frac{a}{a-x}$ pour somme, et qu'en conséquence l'égalité

$$\frac{a}{a-x} = 1 + \frac{a}{x} + \frac{a^2}{x^2} + \cdots$$

cesse d'être vraie lorsqu'on donne à a une valeur inférieure à x.

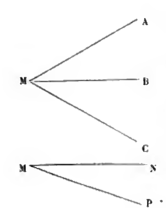
Le plus souvent les séries sont employées pour représenter des quantités dont elles font connaître la valeur avec approximation, et cette approximation s'obtient en prenant dans la série un certain nombre de termes consécutifs à partir du premier. Alors le reste de la série, c'est-à-dire, l'ensemble des termes que l'on néglige, exprime l'*erreur*, et, pour qu'une série atteigne le but qu'on se propose, il faut qu'en prenant un nombre de termes suffisant, cette erreur puisse être rendue aussi petite qu'on le voudra. Les séries qui remplissent cette condition portent le nom de *séries convergentes*.

Il résulte de cette définition que, si une série est convergente, il existe une limite fixe et déterminée, de laquelle on s'approche d'autant plus qu'on prend un nombre de termes plus considérable et qu'on ne pourra atteindre qu'en supposant ce nombre égal à l'infini; cette limite est la *valeur* ou *la somme de la série*.

Si une série ne satisfait pas à la condition que nous venons d'énoncer, on lui donne le nom de *série divergente*.

Des détails, dans lesquels nous venons d'entrer, on peut conclure que les séries divergentes ne peuvent dans aucun cas être employées dans le calcul; elles doivent en être rejetées comme ne présentant aucune valeur fixe, de sorte que tout calcul fondé sur l'emploi de pareilles séries doit être considéré comme inexact, quand bien même ces séries se trouveraient éliminées du résultat final; leur présence seule a entaché le calcul, car rien ne saurait être regardé comme démontré, lorsqu'on a employé, pour arriver au but, des expressions qui sont fausses, des égalités que l'on sait ne pouvoir subsister.

§ 11. Pour nous rendre compte de la manière dont on doit chercher à évaluer les quantités infinies, proposons-nous de trouver le rapport des surfaces AMB et BMC comprises entre les droites infinies MA et MB, MB et MC.



Au premier abord, ce rapport semble bien facile à établir, car si l'on désigne par k la surface infinie NMP, qui répond à une unité d'angle qui entre m fois dans AMB et n fois dans BMC, on aura :

$$\frac{\text{angle AMB}}{\text{angle BMC}} = \frac{m}{n}$$

de plus, comme

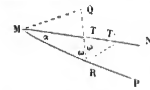
$$\text{Surface AMB} = mk$$
$$\text{Surface BMC} = nk$$

on aura :

$$\frac{\text{Surface AMB}}{\text{Surface BMC}} = \frac{mk}{nk} = \frac{m}{n} = \frac{\text{angle AMB}}{\text{angle BMC}}$$

La même relation existerait dans le cas où les deux angles AMB et BMC seraient incommensurables, en supposant k suffisamment petit.

Ce résultat, qu'on serait tenté de regarder comme parfaitement rigoureux, ne l'est cependant pas ; il repose sur la considération que l'espace infini compris dans un angle $k =$ NMP, est une quantité toujours la même quel que soit le mode employé pour la déterminer. Or, il est facile de reconnaître qu'il n'en est généralement pas ainsi, et qu'au contraire, cette quantité infinie peut prendre une multitude de valeurs dépendantes de la manière dont on conçoit qu'elle peut être engendrée.



Représentons l'angle NMP par α et prenons sur MP une distance MR égale à x ; par le point R menons une droite quelconque RT qui fasse avec RM un angle fixe ω, abaissons MQ perpendiculaire sur RT et déterminons la valeur de la surface du triangle MTR ; on a pour cela

$$\text{RT} : x = \sin\alpha : \sin(\alpha + \omega)$$
$$\text{MQ} = x \sin\omega$$

et par suite la valeur du triangle MTR $= \frac{x^2 \sin\alpha \sin\omega}{2 \sin(\alpha + \omega)}$

En admettant que dans cette expression on fasse x infini, la surface du triangle représentera la surface de l'espace infini, compris dans l'angle NMP.

En désignant par S cette surface, on aura :

$$S=\left[\frac{x^2 \sin\alpha \sin\omega}{2\sin(\alpha+\omega)}\right]^{x=\infty}$$

Si, par le point R nous menons une droite RT' faisant avec la droite MR l'angle ω' on aura, pour représenter cette même surface,

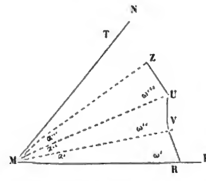
$$S'=\left[\frac{x^2 \sin\alpha \sin\omega'}{2\sin(\alpha+\omega')}\right]^{x=\infty}$$

En comparant ces deux valeurs, on trouve :

$$\frac{S}{S'}=\frac{\sin\omega \sin(\alpha+\omega')}{\sin\omega' \sin(\alpha+\omega)}$$

rapport qui nous montre que les valeurs infinies S et S', qui représentent l'espace NMP, dépendent de la manière dont cet espace est engendré, puisque l'on peut faire varier ce rapport en donnant à ω et ω' toutes les valeurs que l'on veut, comprises entre 0 et ω' en conservant toujours à l'angle α son identité.

Au lieu du mode de génération que nous avons envisagé, on pourrait imaginer tout autre mode; on pourrait, par exemple, concevoir la surface engendrée par une portion de polygone RVUZ...T, dont les côtés grandiraient en restant parallèles à eux-mêmes à mesure que MR ou x prendrait des valeurs de plus en plus grandes; on obtiendrait ainsi pour la surface infinie autant de valeurs différentes que l'on imaginerait de polygones différents.



En désignant par α', α'', α''',... les angles RMV, VMU, UMZ,.. et par ω', ω'', ω''',... les angles MRV, MVU, MUZ,... la surface engendrée sera représentée par

$$S''=\left[\frac{x^2 \sin\alpha' \sin\omega'}{2\sin(\alpha'+\omega')}+\frac{y^2 \sin\alpha'' \sin\omega''}{2\sin(\alpha''+\omega'')}+\frac{z^2 \sin\alpha''' \sin\omega'''}{2\sin(\alpha'''+\omega''')}+\cdots\right]^{x=\infty}$$

les valeurs de y, z,... qui représentent les longueurs des lignes MV, MU, etc., étant données par les relations

$$y = \frac{x' \sin \omega'}{\sin (\alpha' + \omega')}$$

$$z = \frac{y \sin \omega''}{\sin (\alpha'' + \omega'')}$$

. . . .

. . . .

Il résulte de ces considérations qu'*une quantité infinie considérée en elle-même* (sans faire connaître sa génération) *est une quantité indéterminée, dont la valeur dépendra, dans chaque cas donné, de la génératrice que l'on regardera comme devant la produire en acquérant des valeurs de plus en plus considérables.* Chaque génératrice qu'on adoptera imprimera à la valeur infinie un caractère particulier, dont il sera impossible de la rendre indépendante; par suite, on serait dans une grave erreur si l'on égalait les résultats obtenus par différents modes de génération, en regardant ces résultats comme des représentations différentes de la même quantité.

§ 12. Il est ici un point sur lequel nous devons tout particulièrement attirer l'attention; c'est que, si, parmi toutes les génératrices que l'on peut concevoir capables de donner la valeur d'une quantité infinie proposée, il en est une qui permette d'assigner à la valeur infinie une valeur indépendante de toute indéterminée, nous la désignerons par le nom de *génératrice principale*, et la valeur infinie qui lui correspond prendra la dénomination de *valeur principale*.

C'est ainsi que dans l'exemple que nous avons choisi, si l'on suppose l'angle α aussi petit que l'on veut, les différentes valeurs de la surface infinie comprise dans le même angle α deviennent égales et indépendantes de toute indéterminée, quel que soit le mode de génération que l'on considère. En effet, la valeur de S' donnée par la formule

$$S' = \left[\frac{x^2 \sin \alpha \sin \omega}{2 \sin (\alpha + \omega)}\right]^{x=\infty}$$

qui varie avec la valeur ω, devient indépendante de cet angle, si α est suffisamment petit, car on a alors $\sin \alpha = \alpha$, et $\sin (\alpha + \omega) = \sin \omega$, ce qui donne

$$S' = \left[\frac{\alpha x^2}{2}\right]^{x=\infty}$$

De même la valeur générale S'' se réduit à cette même quantité en supposant α aussi petit que l'on veut.

En effet, de ce que

$$\alpha = \alpha' + \alpha'' + \alpha''' + \ldots$$

on doit pouvoir supposer α', α'', α''',... aussi petits que l'on désire, et par suite

$$y = x,\ z = x, \text{ etc., etc.}$$

d'où il résulte

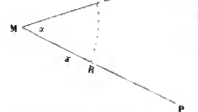
$$S'' = \left[\frac{x^2}{2}(\alpha' + \alpha'' + \alpha''' + \ldots)\right]^{x=\infty} = \left[\frac{\alpha x^2}{2}\right]^{x=\infty}$$

On arrivera à ce même résultat quel que soit le mode de génération que l'on considère.

Ce caractère commun que possèdent les expressions qui représentent la valeur infinie comprise entre les deux côtés d'un angle α, conduit à rechercher quelle devrait être la forme de génération, pour qu'on ait toujours, quelle que soit la valeur de l'angle α, pour expression de la surface

$$S = \left[\frac{\alpha x^2}{2}\right]^{x=\infty}$$

Or, il est facile de reconnaître que si l'on considère la surface NMP engendrée par un arc de cercle RT croissant avec le rayon MR $= x$ la surface sera représentée par $\frac{\alpha x^2}{2}$ en effet on a :



$$2\pi : \alpha = 2\pi x : \text{RT}.$$

$$S = \frac{RT.\,x}{2}$$

et par conséquent la relation

$$S = \left[\frac{\alpha x^2}{2}\right]^{x=\infty}$$

pour la valeur de la surface infinie.

Cette valeur de S, qui ne contient plus aucune quantité qui puisse la rendre indéterminée, est la *valeur principale* de la quantité infinie considérée, et $\frac{\alpha x^2}{2}$ en est la *génératrice principale*.

Il nous sera maintenant facile de nous rendre compte comment il est arrivé qu'on a pu dire, et en quelque sorte démontrer, que les surfaces comprises dans les angles

AMB et BMC étaient entr'elles dans le même rapport que ces angles; en effet, on est parti de l'idée que ces surfaces avaient une valeur fixe qu'il s'agissait de comparer. Or, admettre que ces surfaces ont une valeur fixe, c'est admettre implicitement qu'on ne veut établir de rapport qu'entre les valeurs principales qui les représentent; mais les valeurs principales se trouvant, par le mode de génération qui leur correspond, proportionnelles aux angles, les surfaces devaient se trouver dans le rapport même de ces angles. On reconnaîtra par là que, pour énoncer complètement la proposition qu'on a en vue, on devrait dire : ***Les espaces infinis compris entre les côtés de deux angles, sont entr'eux comme les angles qui leur correspondent, lorsque les valeurs de ces espaces infinis sont réduits à leur valeur principale.***

§ 13. Les quantités infinies, considérées en elles-mêmes, étant indéterminées, les rapports de pareilles quantités sont nécessairement variables, et ne peuvent conduire qu'à des résultats arbitraires.

Cependant, si l'on convient de regarder les quantités infinies comme ayant des valeurs fixes, ou, en d'autres termes, de n'employer comme génératrices que celles qui conduisent à leurs valeurs principales, on parviendra toujours à des rapports constants, qui pourront être d'un grand secours dans l'analyse.

Si la génératrice d'une quantité infinie est connu ***à priori***, et qu'il n'entre dans cette génératrice que des quantités constantes a, b, c,... et des quantités variables x, y, z,... qui se rapprochent simultanément de limites fixes $x_{,}$, $y_{,}$, $z_{,}$,... l'expression donnée

$$\Big[\varphi(a,\ b,\ c,\ldots x,\ y,\ z)\Big]_{\substack{x=x_{,}\\ y=y_{,}\\ z=z_{,}\\ \ldots}}$$

sera la génératrice principale de la quantité infinie, puisqu'il n'entre dans l'expression aucune quantité arbitraire qui puisse rendre la valeur infinie indéterminée.

Si la génératrice d'une quantité infinie n'est pas connue, on pourra former arbitrairement une génératrice qui sera donnée par une fonction

$$\Big[\varphi(a,\ b,\ z,\ldots x,\ y,\ z\ldots\ \omega,\ \omega',\ldots)\Big]_{\substack{x=x_{,}\\ y=y_{,}\\ z=z_{,}\\ \ldots}}$$

dans laquelle ω, ω',.. sont des quantités arbitraires.

Puis on passera de cette génératrice à la génératrice principale, en déterminant

ce que doivent être les constantes a, b, c,... pour que les quantités arbitraires ω, ω',.. disparaissent d'elles-mêmes. Ces valeurs une fois obtenues, on réduira la génératrice arbitraire, qui deviendra ainsi génératrice principale.

Soit proposé de déterminer la génératrice principale de la quantité infinie donnée par la génératrice arbitraire :

$$\left[\frac{x^2 \sin \alpha \sin \omega}{2 \sin (\alpha + \omega)}\right]^{x=\infty}$$

Nous reconnaîtrons immédiatement que, pour que ω disparaisse, il faut supposer α infiniment petit, et par conséquent en faisant cette supposition, on a·

$$\sin (\alpha + \omega) = \sin \omega \sin \alpha = \alpha$$

ce qui permet d'écrire pour génératrice principale

$$\left[\frac{x^2 \alpha}{2}\right]^{x=\infty}$$

dans laquelle on supposera qu'α a une valeur quelconque.

On trouverait de même que la génératrice principale de la quantité infinie donnée par la génératrice arbitraire

$$\left[\frac{b \omega}{(x-l) \operatorname{tang} \alpha \omega}\right]^{x=l}$$

est donné par l'expression

$$\left[\frac{b}{(x-l) \alpha}\right]^{x=l}$$

§ 14. Lorsqu'une quantité infinie est donnée par sa génératrice principale, qui ne contient qu'une seule variable, sa valeur infinie est déterminée ; mais si la quantité infinie est donnée par une génératrice renfermant deux ou un plus grand nombre de variables, on peut facilement reconnaître que cette quantité infinie est encore indéterminée, tant que les variables restent indépendantes les unes des autres.

Concevons, en effet, une quantité infinie donnée par une génératrice

$$\varphi (x, y, z, ..)$$

qui acquiert une valeur plus grande que toute quantité donnée, lorsque les valeurs de x, y, z, ... se rapprochent simultanément des valeurs fixes x_1, y_1, z_1, ... ; il est évident qu'en désignant par $\theta(x)$, $\xi(x)$, ... des fonctions arbitraires de x, telles que l'on ait :

$$y_{,} = \theta\,(x_{,})$$
$$z_{,} = \xi\,(x_{,})$$
$$\cdots\cdots$$

nous pouvons écrire :

$$\Big[\varphi\,(x,\ y,\ z,\ \ldots)\Big]^{\substack{x=x_{,}\\ y=y_{,}\\ z=z_{,}\\ \cdots}} = \Big[\varphi\,(x,\ \theta\,(x),\ \xi\,(x),\ldots)\Big]^{x=x_{,}}$$

et nous aurons ainsi, comme expression de la quantité infinie, une infinité de valeurs qui dépendront du choix que nous ferons des fonctions arbitraires $\theta\ (x)$, $\xi\,(x)$,...

Par exemple, si nous considérons la quantité infinie donnée par l'expression

$$S = \left[\frac{1}{a\,x - y}\right]^{\substack{x=1\\ y=a}}$$

et si nous supposons entre y et x la relation

$$y = \frac{a}{x^{m-1}}$$

nous aurons pour S la valeur $S' = \left[\dfrac{x^{m-1}}{a\,(x^m - 1)}\right]^{x=1}$

en admettant en second lieu

$$y = \frac{a}{x^{n-1}}$$

nous trouverons par S une valeur $S'' = \left[\dfrac{x^{n-1}}{a\,(x^n - 1)}\right]^{x=1}$

et il est facile de voir que ces valeurs S' et S'' ne sont pas des valeurs infinies identiques, puisque leur rapport

$$\frac{S'}{S''} = \left[\frac{x^n - 1}{x^m - 1}\,x^{m-n}\right]^{x=1} = \left[\frac{x^{n-1} + x^{n-2} + \cdots + 1}{x^{m-1} + x^{m-2} + \cdots + 1}\,x^{m-n}\right]^{x=1} = \frac{m}{n}$$

n'est pas égal à l'unité.

Nous voyons donc par là que *pour qu'une quantité infinie ait une valeur déterminée, il faut, non seulement que la génératrice soit la génératrice principale, mais encore qu'elle ne contienne qu'une seule variable indépendante.*

§ 15. Soit maintenant proposé de déterminer le rapport de deux quantités infinies données par leurs génératrices principales

6

$$\left[\varphi(x)\right]^{x=x_1} \quad \left[\psi(y)\right]^{y=y_1}$$

qui ne renferment respectivement qu'une seule variable indépendante.

On pourra, comme dans le cas précédent, reconnaître que ce rapport a une valeur indéterminée tant que les variables x et y restent indépendantes l'une de l'autre.

En effet, en désignant par $\theta(x)$ une fonction arbitraire de x, telle que l'on ait

$$y_1 = \theta(x_1)$$

nous pourrons écrire

$$\frac{\left[\varphi(x)\right]^{x=x_1}}{\left[\psi(y)\right]^{y=y_1}} = \left[\frac{\varphi(x)}{\psi(\theta(x))}\right]^{x=x_1}$$

et nous avons ainsi, pour expression de notre rapport, une infinité de valeurs, qui dépendront de la forme que nous prendrons pour $\theta(x)$.

Si, par exemple, nous voulons déterminer le rapport des deux valeurs infinies

$$\left[\varphi(x)\right]^{x=x_1} = \left[\frac{1}{x^2-a^2}\right]^{x=a}$$

$$\left[\psi(y)\right]^{y=y_1} = \left[\frac{1}{y^2-a^2}\right]^{y=-a}$$

en établissant la relation

$$y = -\frac{x^m}{a^{m-1}}$$

nous trouverons

$$\frac{\left[\varphi(x)\right]^{x=x_1}}{\left[\psi(y)\right]^{y=y_1}} = \left[\frac{a^{2m-2}(x^2-a^2)}{x^{2m}-a^{2m}}\right]^{x=a} = \left[\frac{x^2-1}{x^{2m}-1}\right]^{x=1} = \frac{1}{m}$$

ainsi, à chaque valeur que l'on donnera à m, répondra une valeur différente pour le rapport des quantités infinies.

Il résulte de là que *le rapport de deux quantités infinies doit, pour avoir une valeur fixe, être le rapport de deux fonctions dépendantes d'une seule et même variable qui, pour une valeur particulière de cette variable, prend la forme de l'infini, divisé par l'infini.*

§ 16. Le calcul différentiel fournit généralement le moyen de calculer la valeur de ce rapport, qui ordinairement a une seule valeur fixe qui peut être zéro ou l'infini;

cependant il est des cas où ce rapport peut avoir plusieurs valeurs, il est donc important d'y apporter une attention particulière.

Pour ne donner qu'un exemple, considérons le rapport des deux quantités infinies :

$$\left[x(1+e^{\frac{1}{x}}) + e^{\frac{1}{x}}\right]^{x=0} \qquad \left[x(1+e^{\frac{1}{x}})^2\right]^{x=0}$$

nous trouverons pour ce rapport les deux valeurs 0 et 1 selon qu'en posant $x = y$ et $x = -y$ on suppose que cette quantité positive y se rapproche indéfiniment de 0.

Pour reconnaître ces deux valeurs, il suffit, en supposant y positif, de déterminer les valeurs des rapports

$$\left[\frac{y(1+e^{\frac{1}{y}}) + e^{\frac{1}{y}}}{y(1+e^{\frac{1}{y}})^2}\right]^{y=0}$$

$$\left[\frac{y(1+e^{-\frac{1}{y}}) - e^{-\frac{1}{y}}}{y(1+e^{-\frac{1}{y}})^2}\right]^{y=0}$$

Posons en premier lieu :

$$k = \frac{y(1+e^{\frac{1}{y}}) - e^{\frac{1}{y}}}{y(1+e^{\frac{1}{y}})^2} = \frac{y + \dfrac{e^{\frac{1}{y}}}{1+e^{\frac{1}{y}}}}{y(1+e^{\frac{1}{y}})}$$

en faisant $y = 0$ et en remarquant que dans cette supposition

$$1 + e^{\frac{1}{y}} = e^{\frac{1}{y}}$$

$$\frac{e^{\frac{1}{y}}}{1+e^{\frac{1}{y}}} = 1$$

$$y\, e^{\frac{1}{y}} = \infty$$

nous aurons $k = 0$.

Posons en second lieu :

$$k' = \frac{y(1+e^{-\frac{1}{y}}) - e^{-\frac{1}{y}}}{y(1+e^{-\frac{1}{y}})^2}$$

en faisant $y = 0$ et en remarquant que :

$$e^{-\frac{1}{\gamma}} = 1$$

nous avons :

$$K' = \frac{y}{y} = 1$$

Si l'on cherche à se rendre compte de la cause qui donne ici naissance à ces deux valeurs particulières, on reconnaitra aisément que c'est parce que la fonction

$$\frac{x\,(1 + e^{\frac{1}{x}}) + e^{\frac{1}{x}})}{x\,(1 + e^{\frac{1}{x}})^2}$$

est discontinue pour la valeur $x = 0$.

Des séries périodiques.

§ 17. On appelle *séries périodiques*, les séries dans lesquelles, après un certain nombre de termes, on voit les termes se reproduire dans le même ordre et avec la même valeur.

Si l'on désigne par $a, b, c, \ldots g$ l'ensemble des termes qui composent une même période, et par K leur somme, de sorte que

$$K = a + b + c + \ldots + g$$

en désignant par S la valeur de la série périodique, nous aurons :

$$S = K + K + K + \ldots = \infty . K$$

le signe ∞ indiquant le nombre infini de fois que la période est répétée.

Si la valeur de K est plus grande ou plus petite que zéro, la valeur de S est évidemment infinie.

Mais si la valeur de K est nulle, la somme S peut être représentée par $\left(\frac{\infty}{\frac{1}{K}}\right)$ ou le rapport de deux quantités infinies, et l'on peut être appelé à rechercher la valeur de ce rapport et à déterminer de cette manière la somme de la série périodique à laquelle il correspond.

Faisons d'abord remarquer que, de la connaissance des différents termes d'une série périodique ou des valeurs de $a, b, c, \ldots g$, il est impossible de déduire la valeur de S; en effet, la valeur de la série étant donnée par le rapport de deux quantités infinies, pour connaître ce rapport il faut connaître la génératrice de chacun de ces deux infinis.

Or, des différents termes $a, b, c, .. g$ de la période, on ne saurait rien conclure de la nature de l'infini du numérateur qui, dans le rapport, indique le nombre de fois que la période est répétée; de plus, l'infini du dénominateur donnée par $\frac{1}{K}$ ne saurait être déterminé par la connaissance des termes de la série.

On peut conclure de là que :

La connaissance seule des différents termes d'une série périodique n'est point suffisante pour en déterminer la valeur ; on doit en outre connaître la génératrice du nombre infini qui indique le nombre de fois que la période est répétée, ainsi que la génératrice du nombre infini que l'on obtient, en divisant l'unité par la somme des termes d'une période, afin de pouvoir rechercher le rapport qui existe entre ces deux nombres infinis, rapport qui doit représenter la valeur de la série.

§ 18. Une des séries périodiques des plus simples est la suivante :

$$1 - 1 + 1 - 1 + 1 - ..$$

qui porte le nom de la série de Leibnitz.

Si l'on demandait d'en indiquer la valeur, sans faire connaître de quelle manière on l'a obtenue, on pourrait dire qu'elle est indéterminée ; mais si l'on fait connaître comment a été engendré le nombre infini qui indique le nombre de ses périodes, ainsi que celui que l'on trouve en divisant l'unité par la somme des termes d'une période, la série prendra une valeur fixe qu'il est toujours facile de déterminer.

Qu'on dise, par exemple, que le nombre infini qui indique le nombre de ses périodes est représenté par l'expression

$$\left[\frac{1}{1-x^2}\right]^{x=1}$$

ce que celui que l'on trouve, en divisant l'unité par la somme de termes d'une période, est donné par l'expression

$$\left[\frac{1}{1-x}\right]^{x=1}$$

la valeur de la somme S sera donnée par la formule

$$S = \left[\frac{\frac{1}{1-x^2}}{\frac{1}{1-x}}\right]^{x=1}$$

qu'on peut écrire :

$$S = \left[\frac{1-x}{1-x^2}\right]^{x=1} = \left[\frac{1}{1+x}\right]^{x=1} = \frac{1}{2}$$

On trouve ainsi :

$$\frac{1}{2} = 1 - 1 + 1 - 1 + \cdots$$

formule que nous pouvons regarder comme rigoureusement exacte.

Au premier coup d'œil on est tenté de rejeter ce résultat par les raisons suivantes.

Il est impossible, dira-t-on, puisqu'il n'y a que des nombres entiers ajoutés ou retranchés les uns des autres, que leur somme algébrique puisse être égale à une fraction.

De plus, il est aisé de voir que si l'on arrête la série à un terme de rang pair, la somme indiquée par le second membre est nulle, et que, si l'on arrête la série à un terme de rang impair, cette somme est égale à 1 : ainsi, dans aucun cas elle ne saurait être $\frac{1}{2}$.

On peut répondre aisément à ces deux objections.

D'abord, lorsqu'on dit que le second membre de cette série ne saurait être fractionnaire, puisque tous les termes qui la composent sont des nombres entiers, cela même est une erreur, car cette proposition n'est démontrable et ne peut être admise que dans le cas où le nombre des termes est fini. Ici, il entre une idée nouvelle, c'est celle d'un nombre infini de termes; et qui pourra dire, que cette nouvelle notion ne puisse modifier une proposition qui s'applique à un nombre fini de termes?

N'avons-nous pas reconnu, au contraire, que, lorsqu'on exprime une quantité sous une forme qui ne lui convient pas, cette impossibilité le manifeste par l'introduction d'un nombre infini de termes dans l'expression qui représente cette quantité.

Quant à la seconde objection que l'on fait valoir, elle n'en est réellement pas une, car, qui dit nombre infini exclut par cela même l'idée de pair et d'impair, l'infini n'étant ni pair ni impair, ou, si l'on veut, étant tous les deux à la fois; ainsi, cette distinction, en nombre pair et impair, sur laquelle se base toute l'objection, ne peut en aucune manière entrer dans le raisonnement.

§ 19. Nous avons dit que la série

$$1 - 1 + 1 - 1 + \cdots$$

considérée en elle-même sans faire connaître sa génération, avait une valeur indéterminée, c'est ce qu'il est aisé de montrer en adoptant certaines formes dans la manière dont elle peut être produite.

Supposons, en effet, que le nombre infini qui indique le nombre de ses périodes soit représenté par l'expression

$$\left[\frac{1}{1-x^n}\right]^{x=1}$$

et que celui que l'on trouve en divisant l'unité par la somme des termes d'une période soit

$$\left[\frac{1}{1-x^m}\right]^{x=1}$$

sa valeur de la série S sera donnée par la formule

$$S=\left[\frac{\frac{1}{1-x^n}}{\frac{1}{1-x^m}}\right]^{x=1}=\left[\frac{1-x^m}{1-x^n}\right]^{x=1}=\left[\frac{1+x+x^2+\ldots x^{m-1}}{1+x+x^2+\ldots x^{n-1}}\right]^{x=1}=\frac{m}{n}$$

Nous avons ainsi :

$$\frac{m}{n}=1-1+1-1+\ldots.$$

Ainsi la série proposée peut être égale à une infinité de valeurs, puisque m et n peuvent être des nombres quelconques.

On pourrait multiplier les formes qui représentent l'infini du nominateur, ainsi que celui du dénominateur, et trouver encore d'autres valeurs à cette même série.

Qu'on suppose que l'infini du nominateur soit donné par l'expression

$$\left[\frac{1}{1-x}\right]^{x=1}$$

et celui du dénominateur par

$$\left[\frac{1}{\cos 2\pi x+\cos \pi x}\right]^{x=1}$$

On aura :

$$S=\left[\frac{\cos 2\pi x+\cos \pi x}{1-x}\right]^{x=1}=0$$

On trouve ainsi :

$$0 = 1 - 1 + 1 - 1 + \cdots$$

Les séries périodiques peuvent être envisagées sous un autre point de vue ; on peut les regarder comme les limites des séries convergentes qui, pour certaines valeurs attribuées aux quantités qu'elles contiennent, ne présentent plus le caractère de convergence, mais prennent la forme d'une suite de termes se présentant dans le même ordre et dont la somme des termes d'une période est égale à 0.

Si on considère la série

$$1 - x + x^2 - x^3 + \cdots$$

qui est convoquente ou divergente, selon que $x < 1$ ou > 1, cette série, lorsqu'on fera $x = 1$, ne présentera plus que le caractère des séries périodiques.

Pour en avoir la valeur, lorsque $x = 1$, on supposera $x < 1$, et l'on trouvera pour la valeur de cette série

$$S = \frac{1}{1+x}$$

En faisant $x = 1$ dans cette expression, on trouvera qu'à sa limite de convergence la série donne

$$\frac{1}{2} = 1 - 1 + 1 - 1 + \cdots$$

valeur qui, comme nous l'avons vu, est parfaitement exacte.

Il résulte des considérations précédentes que, bien que les séries périodiques considérées isolément aient une valeur indéterminée, elles peuvent néanmoins être employées dans le calcul et donner des résultats parfaitement rigoureux, lorsqu'on connaît le mode de génération de ces séries, c'est-à-dire la manière dont a été engendré le nombre infini, qui indique combien de fois la période est répétée, ainsi que la nature du nombre infini que l'on obtient, en divisant l'unité par la somme des termes d'une période, ou, ce qui revient au même, les séries convergentes dont elles sont les limites.

Des intégrales, dont les limites sont infinies.

§ 20. Soit $f(x)$ une fonction continue pour toute la valeur de x, comprise entre

deux limites infinies, dont les génératrices sont $\left[\frac{\varphi\,(\varepsilon)}{\varepsilon}\right]^{\varepsilon=0}$ $\left[\frac{\varphi_{\cdot}\,(\varepsilon)}{\varepsilon}\right]^{\varepsilon=0}$ et proposons-nous de déterminer la valeur de l'intégrale :

$$\int_{\left[\frac{\varphi\,(\varepsilon)}{\varepsilon}\right]^{\varepsilon=0}}^{\left[\frac{\varphi_{\cdot}\,(\varepsilon)}{\varepsilon}\right]^{\varepsilon=0}} f(x)\,dx$$

Pour y parvenir, nous rappellerons la formule connue :

$$\int_a^b f(x)\,dx = \xi\, f\,(\xi)\,\log\frac{b}{a}$$

dans laquelle $f(x)$ est une fonction continue pour toute valeur de x, comprise entre a et b et ξ une valeur comprise entre ces deux limites.

En appliquant cette formule à l'intégrale proposée, nous aurons :

$$\int_{\left[\frac{\varphi\,(\varepsilon)}{\varepsilon}\right]^{\varepsilon=0}}^{\left[\frac{\varphi_{\cdot}\,(\varepsilon)}{\varepsilon}\right]^{\varepsilon=0}} f(x)\,dx = \xi\, f(\xi)\,\log\left[\frac{\varphi_{\cdot}\,(\varepsilon)}{\varphi\,(\varepsilon)}\right]^{\varepsilon=0} \qquad (1)$$

$\left[\frac{\varphi_{\cdot}\,(\varepsilon)}{(\varepsilon)}\right]^{\varepsilon=0}$ $\left[\frac{\varphi\,(\varepsilon)}{\varepsilon}\right]^{\varepsilon=0}$ désignant deux quantités infinies toutes deux positives ou toutes deux négatives, et ξ une quantité infinie de même signe.

Si le rapport $\left[\frac{\varphi_{\cdot}\,(\varepsilon)}{\varphi\,(\varepsilon)}\right]^{\varepsilon=0}$ est différent de l'unité, on peut conclure de cette relation que *la valeur de l'intégrale :*

1° *est nulle, si l'expression $x\,f(x)$ est nulle pour des valeurs infinies de x;*

2° *est égale à F* $\log\left[\frac{\varphi_{\cdot}\,(\varepsilon)}{\varphi(\varepsilon)}\right]^{\varepsilon=0}$ *si l'expression $xf(x)$ est égale à F pour des valeurs infinies de x ;*

3° *est infinie, si l'expression $xf(x)$ a une valeur infinie pour des valeurs infinies de x.*

Si le rapport $\left[\frac{\varphi_{\cdot}\,(\varepsilon)}{\varphi\,(\varepsilon)}\right]^{\varepsilon=0}$ est égal à l'unité, la relation (1) nous montre que la valeur

de l'intégrale est nulle, si le produit $xf(x)$ prend, pour des valeurs infinies de x, une valeur nulle ou finie.

Mais dans le cas où pour x, égal à l'infini, la fonction $f(x)$ prend une valeur finie f_∞. la valeur de l'intégrale peut être mise sous la forme

$$f_\infty \left(\varphi_1'(\varepsilon) - \varphi'(\varepsilon) \right)^{\varepsilon=0}$$

$\varphi_1'(\varepsilon)$ et $\varphi'(\varepsilon)$ représentant les co-efficients différentiels de $\varphi_1(\varepsilon)$ et $\varphi(\varepsilon)$.

En effet, comme la valeur de ξ est comprise entre $\left[\frac{\varphi_1(\varepsilon)}{\varepsilon}\right]^{\varepsilon=0}$ $\left[\frac{\varphi_1(\varepsilon)}{\varepsilon}\right]^{\varepsilon=0}$ en substituant successivement ces valeurs dans le second membre de l'équation (1), on aura :

$$\left[\frac{\varphi_1(\varepsilon)}{\varepsilon} f\left(\frac{\varphi_1(\varepsilon)}{\varepsilon}\right) \log \frac{\varphi_1(\varepsilon)}{\varphi(\varepsilon)}\right]^{\varepsilon=0}$$

$$\left[\frac{\varphi(\varepsilon)}{\varepsilon} f\left(\frac{\varphi(\varepsilon)}{\varepsilon}\right) \log \frac{\varphi_1(\varepsilon)}{(\varphi\,\varepsilon)}\right]^{\varepsilon=0}$$

Qu'on peut écrire :

$$\left[\frac{1}{\varepsilon} \varphi_1(\varepsilon)\ f_\infty \log \frac{\varphi_1(\varepsilon)}{\varphi(\varepsilon)}\right]^{\varepsilon=0}$$

$$\left[\frac{1}{\varepsilon} \varphi(\varepsilon)\ f_\infty \log \frac{\varphi_1(\varepsilon)}{\varphi(\varepsilon)}\right]^{\varepsilon=0}$$

Mais si l'on remarque :

$$\left[\frac{\log \frac{\varphi_1(\varepsilon)}{\varphi(\varepsilon)}}{\varepsilon}\right]^{\varepsilon=0} = \left[\frac{\varphi_1'(\varepsilon)}{\varphi_1(\varepsilon)} - \frac{\varphi'(\varepsilon)}{\varphi(\varepsilon)}\right]^{\varepsilon=0}$$

On aura, pour les deux valeurs du second membre de l'équation (1), en introduisant la relation $\left[\frac{\varphi_1(\varepsilon)}{\varphi(\varepsilon)}\right]^{\varepsilon=0} = 1$

$$f_\infty \left(\varphi_1'(\varepsilon) - \varphi_1(\varepsilon) \right)^{\varepsilon=0} \qquad f_\infty \left(\varphi_1'(\varepsilon) - \varphi'(\varepsilon) \right)^{\varepsilon=0}$$

comme ces deux valeurs sont identiques et que l'intégrale proposée est comprise entre elles, l'une de ces expressions en représente la valeur.

On trouvera facilement, à l'aide de ce qui précède, les intégrales suivantes :

$$\int_{\left[\frac{\varphi(\iota)}{\iota}\right]^{\iota=0}}^{\left[\frac{\varphi_{\prime}(\iota)}{\iota}\right]^{\iota=0}} \frac{dx}{1+ax} = \frac{1}{a} \log \left[\frac{\varphi_{\prime}(\iota)}{\varphi(\iota)}\right]^{\iota=0}$$

$$\int_{\left[\frac{1}{\iota}\right]^{\iota=0}}^{\left[\frac{m}{m\iota+n\iota^2}\right]^{\iota=0}} \frac{x^p\,dx}{1+ax^p} = -\frac{n}{am}$$

$$\int_{\left[\frac{m+n'\iota}{\iota}\right]^{\iota=0}}^{\left[\frac{m+n\iota}{\iota}\right]^{\iota=0}} \frac{dx}{a+be^{\frac{1}{\iota}}} = \frac{n-n'}{a+b}$$

§ 21. Les considérations précédentes nous fournissent le moyen de reconnaître dans quels cas une intégrale, dont une des limites est infinie, a une valeur fixe, indéterminée ou infinie.

Soit proposé de calculer la valeur de l'intégrale $V = \int^{\infty} f(x)\, dx$, dont la limite supérieure est une quantité infinie dont on ne donne pas la génératrice,

Il est évident qu'en calculant la valeur de l'intégrale $K = \int f(x)\, dx$, prise entre deux limites infinies $\left[\frac{\varphi_{\prime}(\iota)}{\iota}\right]^{\iota=0}$ et $\left[\frac{\varphi(\iota)}{\iota}\right]^{\iota=0}$ nous pourrons dire que :

1° Si la valeur de K est nulle, celle de V sera indépendante de la nature de l'infini de la limite et par conséquent sera une valeur fixe.

2° Si la valeur de K est différente de zéro et dépendante des génératrices des limites, celle de V sera indéterminée.

3° Si la valeur de K est infinie, il en sera de même de celle de V. C'est ainsi, par exemple, qu'on reconnaît que la valeur de l'intégrale

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{dx}{1 + ax^2}$$

a une valeur fixe ; tandis que l'intégrale

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{dx}{1 + ax}$$

est indéterminée.

NOTE

SUR

LA FONCTION $G_m = \frac{1.2.3....m}{(m+1)(m+2)...2m}$

Notre but, dans cette note, est d'établir plusieurs relations entre la fonction

$$G_m = \frac{1.2.3....m}{(m+1)(m+2)...2m}$$

et certains développements qui nous ont paru assez remarquables.

Bien que, généralement, nous supposions m un nombre entier et positif dans les formules que nous allons considérer, cependant ces mêmes formules subsisteraient encore dans le cas où les séries infinies qu'elles contiennent seraient reconnues convergentes et la fonction G_m transformée en fonction Γ à l'aide de l'égalité

$$G_m = \frac{m\,(\Gamma(m))^2}{2\,\Gamma(2m)}$$

§ 1. Si nous rappelons d'abord la formule suivante, que nous avons donnée dans un mémoire précédent sur le calcul des résidus :

$$\frac{1}{G_m} = 1 + m^2 + \left(\frac{m(m-1)}{1.2}\right)^2 + \left(\frac{m(m-1)(m-2)}{1.2.3}\right)^2 + \cdots \qquad (1)$$

nous en déduirons assez facilement

$$\frac{G^2_m}{G_{2m}} = \frac{1.2.3....4m}{((m+1)(m+2)...2m)^2} = 1 + 2\left\{\left(\frac{m}{m+1}\right)^2 + \left(\frac{m(m-1)}{(m+1)(m+2)}\right)^2 + \cdots\right\} \qquad (2)$$

formule qui nous montre que si μ est un nombre premier, compris entre $2m$ et $4m$, nous aurons la relation

$$1 + 2\left\{\left(\frac{m}{m+1}\right)^2 + \left(\frac{m(m-1)}{(m+1)(m+2)}\right)^2 + \cdots\right\} \equiv 0 \pmod{\mu}$$

Si, en second lieu, nous combinons la formule (2) avec le théorème de Wilson, nous aurons les deux communes suivantes :

$$1 + (1.2.3\dots m)^4 = -2\left\{\left(\frac{1}{3}\right)^2 + \left(\frac{1.5}{3.7}\right)^2 + \left(\frac{1.5.9}{3.7.11}\right)^2 + \cdots\right\} \quad (\text{mod. } \mu = 4m+1)$$

$$2^5 + (1.2.3\dots m)^4 = -2^5\left\{\left(\frac{3}{1}\right)^2 + \left(\frac{3.7}{1.5}\right)^2 + \left(\frac{3.7.11}{1.5.9}\right)^2 + \cdots\right\} \quad (\text{mod. } \mu = 4m+3)$$

§ 2. Si nous posons

$$S_m = 1 + \frac{m-1}{m-1} + \frac{m-1}{m-1}\,\frac{m-2}{m-2} + \frac{m-1}{m+1}\,\frac{m-2}{m+2}\,\frac{m-3}{m+3} + \cdots$$

nous aurons évidemment

$$S_m = G_m\,\Sigma\,\frac{(m-1)(m-2)\dots(m-s)(m+s+1)\dots 2m}{1.2.3\dots m}$$

le signe Σ s'étendant aux m valeurs de s égales à $m-1$, $m-2$,... 2, 1.

Or, en substituant ces valeurs, on trouve :

$$S_m = G_m\left\{2 + 2\,\frac{2m-1}{1} + 2\,\frac{2m-1}{1}\,\frac{2m-2}{2} + \cdots\right\} = 2^{2m-1} G_m$$

Il résulte de là la formule

$$2^{2m-1} G_m = 1 + \frac{m-1}{m+1} + \frac{m-1}{m+1}\,\frac{m-2}{m+2} + \cdots \qquad (3)$$

qu'on transforme facilement dans les suivantes :

$$2^{2m-2} G_m = \frac{m}{m+1} + \frac{m(m-1)(m-2)}{(m+1)(m+2)(m+3)} + \cdots \qquad (4)$$

$$2^{2m-2} G_m = \frac{1}{2} + \frac{m(m-1)}{(m+1)(m+2)} + \frac{m(m-1)(m-2)(m-3)}{(m+1)(m+2)(m+3)(m+4)} + \cdots \qquad (5)$$

$$2^{2m-1} G_m = \frac{1}{2} + \frac{m}{m+1} + \frac{m(m-1)}{(m+1)(m+2)} + \cdots \qquad (6)$$

$$\frac{2^{2m-1} G_m}{m(2m+1)} = \frac{1}{2m(2m+1)} + \frac{1}{(m+1)(m+2)} + \frac{(m-1)(m-2)}{(m+1)(m+2)(m+3)(m+4)} + \cdots \qquad (7)$$

§ 3. Une suite analogue aux formules précédentes est la suivante :

$$S(a) = 1 - \frac{m-a}{m+a} + \frac{m-a}{m+a}\,\frac{m-a-1}{m+a+1} - \cdots$$

dont nous allons chercher à déterminer la valeur.

Il est d'abord aisé de voir que l'on a :

$$(1-S(a))\,(m+a) = (m-a)\,S(a+1)$$

par suite, en posant

$$S(a) = Ca + C'$$

l'équation précédente sera satisfaite en donnant aux constantes C et C' les valeurs

$$C = \frac{1}{2m-1} \quad C' = \frac{m-1}{2m-1}$$

Il suit de là que

$$\frac{m-a-1}{2m-1} = 1 - \frac{m-a}{m+a} + \frac{m-a}{m+a}\,\frac{m-a-1}{m+a+1} - \ldots \qquad (8)$$

Cette série présente entre sa valeur $\frac{m-a-1}{2m-1}$ et le nombre m, réciprocité qu'il est facile de reconnaître.

Si l'on désigne par m' la valeur de cette suite infinie, de sorte que

$$m' = \frac{m-a-1}{2m-1} \qquad (a)$$

et si dans la suite nous mettons pour m cette valeur m', nous aurons

$$\frac{m'-a-1}{2m'-1} = 1 - \frac{m'-a}{m'+a} + \frac{m'-a}{m'+a}\,\frac{m'-a-1}{m'+a+1} - \ldots$$

valeur qui est égale à m, en vertu de l'équation (a)

§ 4. Si nous faisons dans l'égalité (8) $a = 0$, nous obtiendrons :

$$\frac{m-1}{2m-1} = \frac{m-1}{m+1} - \frac{m-1}{m+1}\,\frac{m-2}{m+2}\,\frac{m-3}{m+3} - \ldots \qquad (9)$$

en combinant les relations (3) et (9) par voie d'addition et de sonstraction nous aurons :

$$2^{2m-2}\,G_m - \frac{m}{2\,(2m-1)} = \frac{m-1}{m+1}\,\frac{m-2}{m+2}\,\frac{m-3}{m+3} + \ldots \qquad (10)$$

$$2^{2m-2}\,G_m + \frac{m}{2\,(2m-1)} = 1 + \frac{m-1}{m+1}\,\frac{m-2}{m+2} + \frac{m-1}{m+1}\,\frac{m-2}{m+2}\,\frac{m-3}{m+3}\,\frac{m-4}{m+4} + \ldots \qquad (11)$$

§ 5. Si nous changeons dans la relation (8) a en m et m en a, nous trouverons :

$$\frac{m+a-1}{2a-1} = 1 + \frac{m-a}{m+a} + \frac{m-a}{m+a}\,\frac{m-a+1}{m+a+1} = \ldots$$

et en faisant pour abréger $m - a = h$ et $m + a = g$, nous obtenons la formule donnée par M. Oscar Schlömilch dans son calcul intégral, § 49.

$$\frac{g-1}{g-h-1} = 1 + \frac{h}{g} + \frac{h(h+1)}{g(g+1)} + \frac{h(h+1)(h+1)}{g(g+1)(g+2)} + \cdots \qquad (12)$$

Si l'on remarque que le premier membre de l'égalité (12) peut se mettre sous la forme

$$\frac{\frac{h}{h}}{1-\frac{h}{g-1}} = 1 + \frac{h}{g-1} + \frac{h^2}{(g-1)^2} + \frac{h^3}{(g-1)^3} + \cdots + \frac{h^n}{(g-1)^n} + \cdots \qquad (13)$$

nous aurons en égalant les coefficients des puissances $n^{ièmes}$ de h, données par les seconds membres des identités (12) et (13), la nouvelle relation :

$$\frac{1}{(g-1)^n} = \frac{1}{g(g+1)..(g+n-1)} + \frac{{}_1S_n}{g(g+1)(g+2)(g+n)} + \frac{{}_2S_{n+1}}{g(g+1)...(g+n+1)} + \cdot \qquad (14)$$

en représentant par ${}_mS_n$ la somme des différents produits que l'on peut former avec la suite naturelle des nombres

$$1,\ 2,\ 3, \ldots\ n$$

en prenant m à la fois ; somme qu'il est toujours possible d'obtenir.

C'est ainsi que :

$${}_1S_n = \frac{n(n+1)}{1.2}$$

$${}_2S_n = \frac{n(n+2)(3n^2-n-2)}{24}$$

$${}_3S_n = \frac{n^2(n+2)^2(n^2-3n+2)}{48}$$

. . . .

En faisant de cette dernière formule (14) $g = \frac{g}{p}$ on a :

$$\frac{1}{(g-p)^n} = \frac{1}{g(g+p)...(g+(n-1)p)} + \frac{p\ {}_1S_n}{g(g+p)...(g+np)} + \frac{p^2\ {}_2S_{n+1}}{g(g+p)...(g+(n+1)p)} + \cdots$$

en admettant que $p = g - 1$, on trouve

$$1 = \frac{1}{g(2g-1)....(ng-(n-1))} + \frac{(g-1)\ {}_1S_n}{g(2g-1....((n+1)g-n)} + \frac{(g-1)^2\ {}_2S_{n+1}}{g(2g-1)...((n+2)g-(n+1))} + \cdots$$

Enfin, si nous posons $n = 1$, nous trouvons :

$$1 = \frac{1}{g} + \frac{(g-1).1}{g(2g-1)} + \frac{(g-1)^2 1.2}{g(2g-1)(3g-2)} + \frac{(g-1)^3 1.2.3}{g(2g-1)(3g-2)(4g-3)} + \cdots$$



ESSAI D'OROGRAPHIE JURASSIQUE.

ŒUVRE POSTHUME

DE

Jules THURMANN.

AVANT-PROPOS.

L'Institut genevois publie aujourd'hui l'ouvrage de feu son collègue M. Jules Thurmann, tel qu'il est sorti des mains de son auteur. Quelques semaines de travail seulement auraient suffi pour achever entièrement cet Essai d'Orographie jurassique, fruit de longues et consciencieuses recherches. Malheureusement, le savant géologue a été enlevé si rapidement, qu'il n'a même pu indiquer à ses amis où se trouvaient les matériaux et les notes destinés à compléter son œuvre. Malgré les lacunes que présente l'ouvrage, l'Institut a pourtant cru devoir le publier en entier, sans y faire le moindre changement, l'héritage que lui a laissé un illustre confrère paraissant trop précieux pour y faire entrer des additions ou des corrections d'une main étrangère.

L'Essai sur l'Orographie jurassique de M. Thurmann comprend quatre parties. La première et la seconde sont complètement achevées; la troisième à un chapitre près; la quatrième partie, l'introduction et les planches offrent des lacunes plus sensibles, mais cependant pas assez considérables pour pouvoir nuire à l'intelligence de l'ouvrage.

Le rôle du Comité de publication, installé par la Section des Sciences de l'Institut genevois, s'est donc borné à la surveillance de l'impression et à l'assemblage de tous les matériaux, travail dans lequel il a été constamment secondé par notre collègue M. Xavier Kohler, de Porrentruy.

Genève, ce 12 Décembre 1856.

Au nom de la Section des Sciences de l'Institut genevois :

C. VOGT,

Président de la Section.

ESSAI D'OROGRAPHIE JURASSIQUE.

INTRODUCTION.

BUT DE CET OUVRAGE ET SOURCES CONSULTÉES.

L'orographie d'un système de montagnes exclusivement sédimentaires se compose des éléments suivants : Connaissance de ses structures; mise en rapport de celles-ci avec les affleurements dans le détail; leur agencement et leurs lois de grande échelle; dynamique des dislocations auxquelles elles doivent naissance; causes prochaines de ces dislocations; leur chronologie particulière; leur placement dans la série générale des révolutions géologiques.

Pour s'élever de proche en proche à ces résultats successifs, il faut d'abord connaître les caractères des masses sédimentaires qui constituent ce système, en tant qu'y jouant un rôle orographique. Ici, il ne s'agit pas de l'histoire paléontologique des terrains; à cet égard, il suffit d'accepter toutes faites les principales divisions établies par les faunes, afin de mettre leurs affleurements en relation avec les structures. Il faut ensuite

et surtout dans ces massifs, envisager les propriétés physiques de compacité, flexibilité, extensibilité, tenacité, stratification, fissuration, etc., qui ont été des facteurs essentiels dans l'acte mécanique des commotions, dislocations, lacérations, dénudations, etc., d'où dérivent les formes observées. Et comme les faits orographiques ont également pu se passer durant la mollesse sédimentaire ou après la consolidation, il est nécessaire d'envisager les massifs à ces deux états. C'est ce que nous essaierons dans la première partie de ce travail.

Ces données établies, on peut ensuite étudier en détail les diverses structures envisagées individuellement, les caractériser, les classer, afin d'en disposer aisément et clairement dans les combinaisons d'ensemble. Ce sera l'objet de notre seconde section.

Il faut rechercher après cela comment ces formes sont agencées entre elles, et reconnaître les lois de leur plexus. C'est ce dont nous nous occuperons dans une troisième partie.

De la considération des lois de structure individuelle ou générale peuvent découler certaines conséquences, soit nécessaires, soit probables, relativement à la dynamique qui a donné naissance aux faits observés. Nous traiterons de ce point dans une quatrième division.

Enfin, les caractères pétrographiques, la disposition des affleurements, les structures particulières ou d'ensemble, le mode dynamique des dislocations peuvent conduire à la détermination de dates certaines ou présumées, jalons principaux dans l'histoire géogénique du système et la reliant à la géologie générale. C'est ce que nous tenterons dans une dernière partie.

Un travail de ce genre ne saurait arriver à des résultats certains qu'autant qu'il est exclusivement établi sur des faits. Ceux-ci doivent être fidèlement observés, en grand nombre, et pris sur tous les points du système. Toute considération purement hypothétique doit être soigneusement séparée de leur examen, toute conséquence nécessaire rigoureusement distinguée des probables. Dût le nombre des résultats obtenus être fort petit, il faut savoir sagement s'y borner et ne pas vouloir faire sortir d'un sujet restreint les généralités d'un plus vaste cadre. Il ne faut, comme disait Montaigne, « pour faire courir ce petit loppin, entreprendre d'escrire toute la physique » car « de ce vice sourdent plusieurs grandes incommoditez. »

Quelque nombreux que soient les faits que l'on a soi-même observés et réunis, il faut avoir une connaissance aussi complète que possible de tous ceux qui ont été consignés par d'autres. Non seulement la richesse des données en est ainsi fort augmentée, mais les conséquences se trouvent ainsi établies sur les bases d'une large solidarité. La première chose que nous ayons à faire est donc de placer ici un historique rapide des connaissances géologiques et orographiques relatives au Jura : il en résultera le tableau des sources mises à contribution, sources auxquelles les conclusions positives du présent ouvrage devront en grande partie leur existence.



ESQUISSE HISTORIQUE.

Avant la fin du siècle dernier, les *cartes topographiques* fournissant des données sur quelques parties de la chaîne du Jura, étaient encore trop imparfaites pour y rendre aisée la mise en rapport des affleurements et des reliefs. Cependant, celles de Cassini pour la partie française, de Weiss, de Mallet pour la partie suisse, auraient pu servir jusqu'à un certain point et ont servi en effet à consigner de nombreuses observations jusqu'à ces dernières années. — En 1806, Osterwald publiait la première bonne topographie d'un district jurassique, celui de Neuchâtel. — En 1819, paraissait le Jura bernois par M. Buchwalder. C'est à cet excellent travail qui, à cette échelle, n'a guère été dépassé depuis, travail représentant la partie la plus régulière des chaînes du Jura, que l'on doit les données les plus positives sur l'orographie jurassique, parce que c'est dans ces chaînes qu'elles étaient les plus faciles à saisir. — Vers 1836, Walker publiait sa carte du Jura soleurois, bien inférieure, il est vrai, aux deux précédentes, mais suffisante néanmoins pour donner une idée juste de ce district. — Celle de Vaucher paraissait, revue, en 1839. — A partir de 1838 commençaient à paraître les belles feuilles de l'Etat-major français, comprenant le Doubs, le Jura, l'Ain, le Haut-Rhin; il est probable que l'Isère paraîtra sous peu. On ne saurait assurément désirer un plus beau canevas pour l'orographie jurassique. — Vers 1843 paraissaient les premières feuilles de l'État-major suisse, qui fournissent déjà une grande partie du Jura helvétique; fort belles assurément, le géologue y regrette cependant l'emploi de la lumière oblique, qui rend captieuse l'appréciation des pentes. — En 1850, M. Michaelis publiait sa magnifique carte d'Argovie. — Ainsi, en ce moment, ou dans bien peu, le Jura sera entièrement représenté par d'excellentes cartes topographiques.

La connaissance des terrains dans le Jura, c'est-à-dire (à cette époque) leur parallélisme avec ceux d'Allemagne, ne date guère que de 1810 à 1820. Même autour de cette dernière date, Chantrau, Charbaut, Conrad Escher, Henri Zschokke, Rengger, ne possédaient encore à cet égard que des données fort imparfaites. L'ouvrage de M. Merian sur le Jura bâlois posait en 1821 les premières bases réellement positives et fondamentales à cet égard, bien que dénuées encore de paléontologie : les principaux groupes jurassiques y étaient distingués, les terrains tertiaires et modernes placés dans un juste rapport avec ceux-ci, le keupérien et le conchylien parallélisés, bien qu'avec quelque doute et non sans quelques traces encore de l'idée erronée admettant la répétition des mêmes formes. — En 1825, Voltz, avec sa sagacité ordinaire, établissait les principales relations des terrains oolitiques du Jura alsatique.— En 1828, Brongniart décrivait les minerais de fer de cette même partie de nos montagnes. — En 1826, M. Studer indiquait les justes rapports de gisement des molasses dans l'intérieur du Jura, et Charbaut faisait faire un pas de plus à la connaissance du liasique et du keupérien dans la région occidentale. — Cependant, encore en 1829, Rengger méconnaissait en Argovie les faits établis par M. Merian.

C'est en 1830 que M. Thirria, dans ses mémoires sur la Haute-Saône, secondé du concours paléontologique de Voltz, établit les parallélismes anglais et précisa les principales coupures qui existent encore aujourd'hui. — En 1832, je reconnaissais et décrivais dans le Jura bernois les coupures de M. Thirria, et proposais les expressions françaises de portlandien, corallien, oxfordien, oolitique, liasique, keupérien, expressions particulièrement nécessaires au point de vue orographique et qui, à très-peu de chose près, correspondent à des époques paléontologiques.

Jusque-là, le néocomien actuel, déjà remarqué par de Saussure comme distinct des massifs jurassiques et signalé par M. de Buch comme crétacé, était une formation problématique. En 1834, un petit groupe de géologues jurassiens se rendit à Neuchâtel, pour examiner ce terrain, étudié par M. de Montmollin, qui le désignait sous le nom de terrain crétacé du Jura. L'année suivante paraissait le mémoire de ce géologue à ce sujet : il fut le point de départ de la connaissance de ce groupe si important. — La même année, M. Millet-d'Aubenton esquissait les affleurements de quelques parties de l'Ain, et M. Virlet les terrains à ossements de Franche-Comté.

En 1836 paraissait un second mémoire sur le néocomien du Jura français, celui de M. Thirria : il le désignait sous le nom de Jura crétacé. A la seconde réunion de la Société géologique des Monts-Jura, qui eut lieu la même année à Besançon, je proposais la dénomination de néocomien, qui a prévalu depuis. Dans cette réunion, à laquelle prirent part MM. Parandier, de Montmollin, Thirria, Renaud-Comte, Renoir, Gressly, etc., et à laquelle furent présentées de nombreuses séries de roches jurassiques depuis l'Albe wurtembergeoise jusqu'à la perte du Rhône, il fut reconnu que, sauf quelques modifications, la division en groupes portlandien, corallien, etc., se maintenait dans toute la chaîne du Jura; la présence du grès vert fut aussi constatée dans plusieurs hautes vallées. Je proposais l'expression de sidérolitique pour le terrain des minerais en grains. Ces mêmes généralités, exposées succinctement par moi en 1836 et 1837 aux réunions de la Société géologique de France à Strasbourg, des naturalistes allemands à Stuttgart, des naturalistes suisses à Soleure, se répandirent ainsi rapidement. Elles servirent de premier fil conducteur à M. de Mandelsloh dans le Jura wurtembergeois.

En 1838, la Société géologique de France, réunie à Porrentruy, munie de ma carte géologique du Jura bernois, en visitait les terrains et emportait de nombreuses collections de roches et de fossiles qui servirent à retrouver au loin des parallélismes. M. Nicolet y décrivait le Jura de la Chaux-de-Fonds, M. Renoir celui de Béfort, etc. La même année paraissait l'excellent mémoire de M. Gressly sur le Jura soleurois, dans lequel la connaissance des terrains jurassiques et triasiques, tertiaires et sidérolitiques, faisait un véritable progrès au point de vue paléontologique et géogénique.

L'année 1839 voyait paraître la carte du Jura neuchâtelois de M. de Montmollin, puis l'étude des environs de la Chaux-de-Fonds de M. Nicolet, travaux importants relativement à la distribution des terrains crétacés et tertiaires.

En 1840, M. Mousson décrivait le Jura zuricois. — M. Parandier, au congrès scientifique de France à Besançon, donnait une monographie d'une partie du groupe oolitique. La Société géologique de France, réunie à Grenoble, s'occupait des rapports entre le néocomien et les terrains sous- et superjacents qui relient les Alpes aux chaînes jurassiques. — M. Lardy présentait la carte du Jura vaudois, coloriée géologiquement.

L'année suivante, M. Itier faisait connaître le néocomien de l'Ain, ses rapports, son étendue dans le Jura méridional.

En 1842, la Société géologique de France, réunie à Aix, élucidait lés rapports des terrains jurassiques, crétacés et tertiaires, dans les contrées sardes au contact du Jura et des Alpes. M. Guyot traçait la distribution des terrains erratiques dans le Jura. En 1843, M. Favre faisait connaître les terrains du Salève; M. Lardy esquissait ceux du Jura vaudois; M. Blanchet ceux du Léman.

L'année 1846 voyait paraître une partie des observations de feu Renaud-Comte, où l'importance du groupe astartien était mise en évidence. M. Marcou publiait un travail capital, roulant sur le Jura salinois, mais résumant en réalité l'état de la connaissance des terrains dans le Jura occidental. — M. Collomb étudiait les environs de Sainte-Croix. — M. Lory les terrains secondaires des environs de Grenoble.

L'année suivante, M. Mousson fournissait d'importantes et positives données sur diverses chaînes du Jura sarde.

En 1848, M. A. Gras contribuait à la connaissance des terrains des environs de Grenoble, et M. Daubrée à celle des rapports des terrains modernes du Sundgau avec le Jura.

L'année 1849, MM. Pidancet et Lory découvraient les représentants du wealdien et de la craie dans le Jura. — En 1851, M. Quiquerez décrivait avec détail le sidérolitique du Jura central, tandis que MM. Gressly, Greppin, Bonanomi, faisaient connaître avec une exactitude toute nouvelle les terrains tertiaires des vallées de cette même contrée. — En 1851, M. Lory fournissait d'excellentes et nombreuses données sur les terrains crétacés de l'Isère.

De tous ces travaux publiés, les plus importants à consulter et qui ont le plus contribué à la connaissance des terrains dans le Jura, sont ceux de MM. Merian, Thirria, Thurmann, Gressly, de Montmollin, Mousson, Itier, Favre, Marcou, Quiquerez. Presque tous sont encore à consulter en ce moment, surtout les plus récents.

Mais la connaissance des terrains, et surtout de leur distribution dans le Jura, n'est pas seulement due à ces publications. Les données inédites n'ont cessé de s'accumuler depuis 1835 jusqu'à ce moment par les soins d'un bon nombre d'observateurs locaux. Ce sont en partie ces données qui, jointes à celles que nous avons signalées, ont, avec celles des auteurs eux-mêmes, permis à MM. Elie de Beaumont et Dufrenoy les généralités jurassiques consignées dans la carte géologique de France, et permettent

en ce moment à MM. Studer et Escher le même travail pour la carte géologique suisse.

Dans le Jura argovien, soleurois et zuricois, MM. Wangger à Aarau, Schmidlin à Laufenburg, puis Gemsingen, Bosshard à Mandach, Cartier à Buchsitten, Strohmeyer à Gösgen, Lang à Soleure, Minnich à Baden, ont réuni de nombreux gisements, qui, joints aux données capitales de M. Gressly sur les mêmes régions et aux parties publiées, ont permis la publication de la première feuille orographique qui est l'objet principal du présent travail. — Dans le Jura neuchâtelois et vaudois, MM. Lardy, Nicolet, Blanchet, Campiche, Agassiz, ont complété les données de M. de Montmollin et colorié les chaînes vaudoises. Dans le Jura bernois, MM. Quiquerez, Bonanomi, Greppin, Gressly, n'ont cessé de réunir de nouveaux documents. Dans les départements français, MM. Marcou, Germain, Bonjour, Lauvanand, Thiollière, Bernard, Devigny, Lamairesse, Renaud-Comte, Carteron, Parrot, Parandier, Delesse, Chopard, Boyé, Lory, Pidancet, Campiche, Benoît, etc., ont réuni une foule de données encore inédites et qui notamment serviront directement aux cartes spéciales du Doubs et du Jura sous la direction de MM. Boyé et Pidancet.

Durant les vingt dernières années je n'ai moi-même cessé de diriger des voyages dans quelques parties du Jura; je l'ai visité sur une foule de points depuis le Randen et le Lægerberg jusqu'à Chambéry et Grenoble. Non seulement j'ai colorié géologiquement le Jura bernois et de grandes parties du Jura neuchâtelois et soleurois, mais encore des districts considérables du Doubs, de l'Ain et des coupes fort étendues depuis les hautes chaînes jusqu'à la vallée de la Saône. Ces travaux me permettent ainsi de relier aisément les autres matériaux publiés ou inédits dont je suis en possession et éventuellement ceux destinés à paraître, du moins dans le but spécialement orographique, qui n'exige pas des données trop détaillées sur la distribution des subdivisions.

Il est aisé, par ce qui précède, de juger le point où se trouve actuellement la connaissance générale des affleurements dans le Jura. Examinons maintenant la marche parallèle qu'a suivie à travers la même période l'étude des structures, qui n'a pu progresser qu'avec le secours de la connaissance des terrains.

Si l'on envisage combien dans le Jura les reliefs sont fortement accusés, on comprendra que presque tous les observateurs mentionnés plus haut, même ceux qui n'en

étaient occupés qu'indirectement, ont dû apporter leur contingent de faits orographiques. Nous allons toutefois nous borner à l'histoire des principales données de ce genre.

Les opinions orographiques des observateurs avant de Saussure sont, relativement au Jura, à peu près nulles ou supportent à peine l'examen : inutile donc de s'y arrêter. De Saussure, se basant sur l'examen de certaines formes du Jura méridional, envisageait nos chaînes comme formées par une voûte de couches au milieu de laquelle les plus intérieures étaient verticales ; il regardait celles qui s'éloignent de ce type comme des modifications de cette espèce de noyau par des ruptures et enlèvements de portions. Il faut reconnaître que, sauf le verticalisme des couches intérieures, il y avait quelque chose de vrai dans ce système, puisqu'une foule de chaînes sont formées de voûtes diversement rompues[1].

En 1804, M. de Buch, dans un mémoire demeuré inédit, envisageait les formes du Jura neuchâtelois comme résultant de dislocations, et consignait à cet égard une foule d'aperçus qui, s'ils eussent reçu la publicité, eussent beaucoup hâté la naissance de l'orographie jurassique.

J.-A. Deluc, oncle, n'a point, à ma connaissance, formulé de système orographique à l'égard du Jura. Cependant, il avait exécuté des coupes fort exactes de plusieurs chaînes, notamment de la vraie structure du Salève, coupes que j'ai vues entre les mains de feu J.-A. Deluc, neveu. La publication de ces coupes aurait certainement avancé la solution de la question qui nous occupait.

Ebel ne paraît pas avoir touché spécialement à ce sujet ; du reste, ses vues relatives aux Alpes indiquent un esprit plus disposé aux généralisations théoriques qu'à la patiente observation des faits de détail indispensable à l'avancement de l'orographie.

De 1810 à 1823, C. Escher de la Linth, esprit positif, vrai précurseur de l'observation moderne dans les Alpes, avait aussi visité le Jura. Il avait notamment signalé ce fait de la cessation brusque de certaines chaînes, en marchant de l'ouest vers l'est, fait exact, sauf certaines réserves, que l'on n'a peut-être pas encore suffisamment pris

1. Les personnes qui portent intérêt à l'historique de la science liront avec plaisir un résumé fort lucide des idées de de Saussure, avec faits et controverses y ayant trait, dans la *Geognostische Uebersicht der Schweiz* de C. Bernouilli, ouvrage publié en 1811.

en considération. — A la même époque, H. Zschokke expliquait le Jura d'Argovie comme formé de plusieurs ruptures parallèles plus ou moins modifiées par des dénudations. — M. Merian combattait les opinions de de Saussure et distinguait dans le Jura bâlois une région de plateaux horizontaux et une autre d'accidents à couches redressées, sans toutefois saisir la loi de configuration des chaînes proprement dites, loi qui, en effet, à ce point était mal aisée à reconnaître, et sans entièrement repousser l'idée erronée de la répétition des formations.

En 1826, M. Studer signalait des molasses redressées dans les vals intérieurs du Jura bernois, et M. Charbaut pressentait les failles du plateau occidental aux environs de Lons-le-Saulnier.

En 1829 paraissaient les profils de MM. Merian et Rengger, les premiers qui traversaient de part en part le système du Jura: les conclusions en étaient bien différentes. M. Rengger, coupant des chaînes rabattues, suivies de plateaux, voyait se répéter à plusieurs fois comme les uns sous les autres les mêmes terrains, et se trouvait ainsi entraîné loin de la vraie solution. Au contraire, M. Merian, rencontrant quelques chaînes à formes symétriques, arrivait à l'hypothèse explicative qui devait trouver sa constatation dans la majeure partie des chaînes du Jura les moins bouleversées. — La même année, M. Hugi donnait sans conclusions suffisantes une coupe de la Rœthifluh, qui était également de nature à le mettre sur la voie. — L'année suivante, M. Thirria rendait attentif aux grandes failles de la Haute-Saône. C'est en ce moment que le mémoire de ce dernier géologue vint donner une connaissance plus complète et plus exacte des différentes divisions jurassiques et mettre fin à des confusions d'assises qui avaient été jusque-là un obstacle sérieux.—Connaissant le Jura bernois depuis plusieurs années, et ayant déjà remarqué la symétrie topographique de ses chaînes, symétrie qui ne saurait échapper à un observateur quelque peu attentif, je fus immédiatement frappé de la manière dont l'hypothèse de M. Merian cadrait avec les faits qui s'y présentent de toutes parts. Trois années furent exclusivement employées à les étudier, et, en 1832, paraissait la première partie de l'*Essai sur les soulèvements jurassiques*. J'y décrivais et classais les formes orographiques observées comme résultant de l'application d'un agent soulevant, et désignais les divers accidents par une nomenclature particulière. Il y avait ainsi des chaînes de plusieurs ordres, des voûtes, des crêts, des ruz, des

cirques et des cluses. Le tout était en réalité non pas une théorie, mais une simple classification de faits positifs. Ce qu'il pouvait y avoir de discutable, quant au mode d'action de l'agent soulevant, n'était que secondaire et ne changeait rien au caractère positif des faits classifiés; seulement, le cadre de classification pouvait être insuffisant pour certains nouveaux faits à reconnaître ultérieurement. Malgré quelques erreurs renfermées dans ce mémoire, et notamment celle que le portlandien n'avait pas été soulevé, il fixa l'attention par la simplicité et l'évidence des faits dont les analogues furent immédiatement reconnus sur plusieurs points du Jura.

En 1834, la première réunion de la Société géologique des Monts-Jura à Neuchâtel apportait à l'appui plusieurs exemples pris dans les chaînes neuchâteloises, soleuroises et françaises. La même année, la connaissance de cette classification orographique, exposée aux réunions de la Société géologique de France à Strasbourg, et à celle des naturalistes allemands à Stuttgardt, se répandait rapidement. Une notice de M. Rozet sur certaines parties du Jura occidental soulevait seule quelques dissidences, que nous examinerons ailleurs.

En 1836 paraissait ma carte du Jura bernois, qui complétait la démonstration des vues orographiques dont nous parlons. La même année, à Besançon, la seconde réunion des géologues jurassiens apportait de plusieurs districts de nouvelles preuves à l'appui de la convenance de la classification proposée et combattait les dissidences de M. Rozet à cet égard, tout en admettant l'introduction, dans le cadre proposé, de certains éléments nouveaux, tels que le portlandien et le néocomien redressés et la modification des types réguliers par des accidents, dépendant soit de l'état pétrologique de certains groupes, soit d'autres dislocations *sui generis*, telles que les failles de la Haute-Saône. Les géologues qui prirent part à cette réunion, étaient notamment MM. Thirria, Gressly, Parandier, Renaud-Comte, de Montmollin et Renoir. Quelques semaines auparavant, la même classification avait été accueillie avec la même faveur à la réunion de la Société helvétique à Soleure, où, comme à Besançon et à Neuchâtel, on en fit immédiatement l'application aux montagnes voisines.

L'année suivante, la Société géologique de France, réunie à Porrentruy, visitait une partie du Jura bernois et soleurois où elle pouvait, carte géologique en main, contrôler la vérité des formes orographiques signalées. M. Leblanc présentait quelques nouvelles

coupes du Doubs également confirmatives, et M. Nicolet indiquait les modifications apportées à la forme de certains accidents dans les montagnes de Neuchâtel par suite de l'état particulier de certains terrains.

La même année, paraissait le mémoire de M. Gressly sur le Jura soleurois, dans lequel, relativement aux structures orographiques, cet observateur suivait point pour point la nouvelle classification. En revanche, presque en même temps, M. Parrot publiait une notice, dans laquelle, en opposition avec l'idée de soulèvement, il attribuait les formes orographiques décrites à des affaissements résultant de vacuités dues à des courants souterrains ; cette opinion laissait du reste dans toute son intégrité le cadre de classification, qui est la seule chose dont nous nous occupons ici.

En 1839, M. de Montmollin publiait la carte du Jura neuchâtelois où, relativement aux formes orographiques, il en référait entièrement à ma classification. M. Nicolet décrivait la vallée de la Chaux-de-Fonds. Ces deux publications constataient de plus en plus le relèvement du néocomien et des molasses.

L'année suivante paraissait le mémoire de M. Mousson sur la chaîne du Lægerberg, où il était aisé de reconnaître l'une des formes déjà classées. La réunion de Grenoble donnait lieu à de nouveaux profils de structures dans les Alpes voisines du Jura, propres à éclairer sur les différences qui existent à cet égard entre ces deux chaînes.

En 1842, la réunion de Chambéry, bien que presque exclusivement préoccupée d'élucider certains points importants de classification, fournissait des données importantes sur le rôle capital du néocomien dans les accidents orographiques, sur les caractères particuliers des chaînes du Jura sarde à ce contact des Alpes, et sur la nécessité d'étudier le cadre de classification jurassique proprement dite, de manière à y faire entrer ce genre de structures.

L'année 1843 voyait paraître le travail de M. Favre sur le Salève, qui fournissait des données du même genre, mais plus positives et révélant une catégorie des formes orographiques importantes à envisager spécialement dans le Jura méridional.

En 1844, M. Lardy fournissait sur plusieurs chaînes vaudoises des indications qui les rapprochaient de la norme proposée, et M. Blanchet des données relativement au rôle des terrains tertiaires du pied du Jura.

La classification des vallées d'érosion du Doubs, ouvrage posthume de Renaud-Comte

paraissait l'année suivante et ajoutait aux précédents un nouvel élément orographique bien étudié; il révélait en outre plus particulièrement le rôle de l'astartien; enfin il fournissait de nouveaux exemples de l'importance des failles extérieures à l'axe des reliefs. La même année, le mémoire de M. Marcou sur le Jura salinois offrait aussi plusieurs données orographiques du même genre et la carte d'un nouveau district.

L'année suivante, MM. Pidancet et Lory, dans plusieurs notices, fournissaient de précieuses données sur le rôle des failles aux environs de Besançon, sur la structure de la Dôle, sur la position du néocomien dans le Jura vaudois, etc. L'importance de la prise en considération des failles situées en dehors des axes de chaînes régulières, devenait de plus en plus évidente, et M. Pidancet en proposait une classification. — M. Mousson publiait d'excellentes coupes de plusieurs chaînes du Jura sarde, éclairant le même ordre de faits : il proposait également un classement particulier dépendant du rôle relatif des lèvres de rupture des failles.

En 1848, M. A. Gras donnait de nouvelles coupes générales du groupe alpin de la Chartreuse, passage au Jura, mettant en évidence le rôle prépondérant du néocomien à ce point.

M. Lory découvrait, en 1849, la craie dans le Jura du Doubs et son rôle dans les dislocations.

L'année suivante, M. Boyé décrivait avec une exactitude précieuse les nombreuses failles de Lons-le-Saulnier. M. Germain donnait une nouvelle coupe des environs de Salins. M. Gressly fournissait de nouvelles données sur le redressement des molasses au val de Laufon.

En 1851, M. Quiquerez établissait les rapports orographiques du sidérolitique dans le Jura bernois; MM. Greppin et Bonanomi, ceux des molasses du val de Delémont; M. Payen décrivait plusieurs failles de la Côte-d'Or; et M. Lory, celles du plateau jurassique de l'Isère, extension de ce mode de dislocation de l'autre côté de la Saône. (Bonjour, Greppin, Zschokke, Renoir et Blanchet.)

Telle est l'histoire ou du moins la chronologie des principaux documents publiés jusqu'à ce jour sur les formes orographiques du Jura. Ces travaux sont tous à consulter pour arriver à un premier essai de généralisation.

Mais ici, comme pour la distribution des terrains, il existe une foule de données

inédites non moins importantes, dont un grand nombre sont entre nos mains : la plupart sont dues aux observations de MM. Gressly, Renaud-Comte, Marcou, Agassiz, Quiquerez, Greppin et Bonanomi, Bosshard et Schmiedlin, Cartier, Strohmeyer, Carteron, Bernard de Nantua, Kœchlin, Coutejean, Bernard, Lamairesse, Roux, Campiche, Benoît, etc. J'en ai recueilli moi-même sur une foule de points, notamment dans le Jura français.

On se convaincra, par tout ce qui précède, qu'il est déjà permis d'essayer, en groupant toutes ces données, une classification orographique générale. Bien que le Jura ne compte encore que quelques districts pourvus de cartes géologiques et orographiques détaillées, on possède cependant la distribution générale et une foule de faits relatifs aux structures.

Ce sont ces documents de toute espèce que nous utiliserons dans un but exclusivement orographique. Plus tard, la publication des diverses cartes spéciales des districts jurassiques pourra compléter les détails et relever sans doute quelques erreurs locales, mais non renverser des généralités appuyées sur la très-grande majorité des faits.



OUVRAGES, MÉMOIRES ET CARTES

Fournissant des données sur l'Orographie du Jura.[1]

1774-1794. DE SAUSSURE. — Voyages dans les Alpes.

1803. DE BUCH (Léopold). — Catalogue d'une collection des roches formant les montagnes de Neuchâtel. Mss.

1821. MERIAN (Pierre). — Beitræge zur Geognosie, vol. 1 et 2, 1821-31.

1822. ESCHER (C. von der Linth). — Einige geognostische Angaben über das Juragebirge. Leonhard's Taschenbuch.

1824. RENGGER. — Beitræge zur Geognosie, vol. 1.

1825. STUDER (B.). — Beitræge zu einer Monographie der Molasse. Bern, 1825.

1828. VOLTZ. — Géognosie des deux départements du Rhin.

— AUFSCHLAGER. — Description de l'Alsace. Strasbourg, 1828.

1829. MERIAN (P.). — Geognostischer Durchschnitt durch das Juragebirge. Mémoires de la Société helvétique, vol. 1.

— RENGGER. — Ueber den Umfang der Juraformation. *Ibid.*

1830. THIRRIA. — Notice sur le terrain jurassique de la Haute-Saône. Mémoires de Strasbourg, vol. 1.

1832. THURMANN. — Essai sur les soulèvements jurassiques, 1er cahier. Mémoires de Strasbourg, vol. 1.

1833. THIRRIA. — Statistique minéralogique et géologique de la Haute-Saône.

1834. VOLTZ. — Carte géologique du Haut-Rhin. Mémoires de la Société industrielle de Mulhouse.

1835. DE MONTMOLLIN (A.). — Mémoire sur le terrain crétacé du Jura. Mémoires de la Société de Neuchâtel, vol. 1.

1836. GRESSLY (A.). — Geognostische Bemerkungen. Neues Jahrbuch von Leonhard und Bronn.

1. Malgré l'état incomplet dans lequel se trouve cette notice bibliographique, nous avons pensé devoir la publier telle quelle, parce qu'elle renferme beaucoup de titres d'ouvrages rares ou de mémoires tirés de publications peu connues. C. V.

1836. THURMANN (J.). — Essai sur les soulèvements jurassiques, 2e cahier, avec la carte du Jura bernois. Porrentruy.

1837. THURMANN (J.) — Sur les soulèvements jurassiques. Actes de la Société helvétique.

— ROZET. — Sur les soulèvements jurassiques. Bulletin de la Société géologique de France, 1re série, vol. 6.

1838. GRESSLY (A.). — Observations sur le Jura soleurois. Mémoires de la Société helvétique. 2e série, vol. 2.

— LEBLANC. — Coupes géologiques. Sur les dénudations. Bulletin de la Société géologique, 1re série, vol. 9.

— NICOLET (Célest.). — Influence de la nature des roches dans les formes orographiques du Jura neuchâtelois. Bulletin de la Société géologique, 1re série, vol. 9.

— PARRAT. — Théorie des courants souterrains. Porrentruy.

1839 PARRAT. — Application de la théorie des courants souterrains. *Ibid.*

— ITIER. — Mémoire sur les roches asphaltiques de la chaîne du Jura. Bulletin de la Société des sciences naturelles de l'Isère.

— MONTMOLLIN (A. de). — Carte géologique du Jura neuchâtelois. Mémoires de la Société d'histoire naturelle de Neuchâtel, vol. 2.

— NICOLET (Célest). — Essai sur la constitution géologique du val de la Chaux-de-Fonds. Mémoires de la Société d'histoire naturelle de Neuchâtel, vol. 2.

1840. MOUSSON. — Geologische Skizze der Umgebungen von Baden.

1841. ÉLIE DE BEAUMONT et DUFRÉNOY. — Carte géologique de la France.

1843. FAVRE (Alph.). — Considérations géologiques sur le mont Salève. Mémoires de la Société de physique de Genève, t. 10.

1844. LARDY. — Naturgeschichtliche Umrisse, etc. Description géologique du canton de Vaud. Dans : Gemælde der Schweiz. Volume : Vaud.

— BLANCHET (Rod.). — Le terrain erratique alluvien du Léman.

1846. RENAUD-COMTE. — Étude systématique des vallées d'érosion dans le département du Doubs. Mémoires de la Société d'émulation du Doubs.

— MARCOU (Jules). — Jura keupérien. Mémoires de Neuchâtel.

— MARCOU (Jules). — Recherches géologiques sur le Jura salinois. Mémoires de la Société géologique de France.

1847. MARCOU (Jules). — Sur les hautes sommités du Jura. Bulletin de la Société géologique, 2e série, vol. 4.

— MOUSSON. — Bemerkungen über die Thermen von Aix in Savoyen. Mémoires de la Société helvétique, 2e série, tome 8.

— PIDANCET. — Notes sur quelques phénomènes que présentent les failles du Jura. Mémoires de la Société d'émulation du Doubs.

1847. LORY et PIDANCET. — Note sur la Dôle. Bulletin de la Société géologique, 2e série, vol. 5.

1847. LORY et PIDANCET. — Sur le phénomène erratique des hautes vallées du Jura. Sur les relations du néocomien et du jurassique aux environs de Sainte-Croix. Mémoires de la Société d'émulation du Doubs.

1848. GRAS. — Notice géologique sur les terrains de l'Isère. Bulletin de la Société d'histoire naturelle de l'Isère, vol. 4.

— ROUX. — Notice géologique sur le Chasseron. Bibliothèque universelle de Genève.

1849. LORY. — Présence et caractère de la craie dans le Jura. Bulletin de la Société géologique, vol. 6.

1849. THURMANN. — Essai de phytostatique. Neuchâtel, 2 vol.

1850-1853. THURMANN. — Lettres écrites du Jura. Mittheilungen der naturforschenden Gesellschaft in Bern.

1850. BOYÉ. — Notice sur la géologie des environs de Lons-le-Saulnier. Mémoires de la Société d'émulation du Doubs.

— GERMAIN. — Propriétés des sources de Salins : Coupe.

— QUIQUEREZ. — Sur le terrain keupérien supérieur dans la vallée de Bellerive, près Delémont. Mittheilungen der Berner Gesellschaft.

1851. LORY. — Sur le plateau jurassique du nord de l'Isère. Sur la série crétacée de l'Isère. Bulletin de la Société géologique, t. 9.

— GREPPIN et BONANOMI. — Les terrains tertiaires du val de Delémont. Mittheilungen der Berner Gesellschaft. Lettres écrites du Jura, de Thurmann.

— PAYEN. — Géologie de la Côte-d'Or. Journal d'agriculture de la Côte-d'Or.

— STUDER (B.). — Geologie der Schweiz, 2 vol.

— STUDER (B.) et ESCHER DE LA LINTH (A.). — Carte géologique de la Suisse.

1852. QUIQUEREZ. — Recueil d'observations sur le terrain sidérolitique du Jura bernois. Mémoires de la Société helvétique, vol. 12.

— BRUNNER. — Sur les phénomènes du soulèvement des Alpes. Bibliothèque universelle de Genève.

— HEER (Osw.). — Die Lias-Insel des Aargau's. Leçon publiée à Zurich.

— ESCHER DE LA LINTH (A.). — Die Gegend von Zurich in der letzten Periode der Vorwelt. Leçon publiée à Zurich.

1853. RÉNEVIER. — Note sur le néocomien de Neuchâtel. Bulletin de la Société vaudoise.

— GRESSLY. — Coupe du Hauenstein.

— BENOIT. — Essai sur les anciens glaciers du Jura.

— GRESSLY et MAYER. — Nouvelles données sur les faunes tertiaires de l'Ajoie.

— GREPPIN. — Tableau de la division du tertiaire du val de Delémont.

— QUIQUEREZ. — Nouvelles remarques sur le sidérolitique.

— THURMANN. — Résumé des lois orographiques de la chaîne du Jura.

(Actes de la Société helvétique, réunie à Porrentruy, 1853.)

1855. GREPPIN. — Note géologique sur les terrains tertiaires du Jura bernois. Mémoires de la Société helvétique, vol. 14.

— RENEVIER. — Mémoire géologique sur la perte du Rhône. *Ibid.*

— MORTILLET (G.). — Prodrome d'une géologie de la Savoie. Mémoires de l'Institut de Genève, vol. 2.

— THURMANN. — Résumé relatif au pélomorphisme des roches. Actes de la Société helvétique, réunie à la Chaux-de-Fonds.

I.

Des terrains qui composent la chaine du Jura, envisagés comme massifs orographiques.

(ESQUISSE GÉOGRAPHIQUE RAPIDE DE LA CHAINE DU JURA, RENVOYANT A LA CARTE.)

---

§ 1. *Classification des terrains du Jura en massifs orographiques.*

Les terrains qui constituent essentiellement la chaine du Jura sont, dans leur ordre d'importance : les terrains jurassique, triasique, crétacé et tertiaire.

Dans les reliefs et les dépressions qui correspondent aux diverses subdivisions de ces terrains, leur état d'agrégation joue un rôle principal. C'est donc à cet égard qu'il est indispensable de les classer ici.

En général, dans les accidents orographiques, les massifs consistants se formulent en reliefs, tandis que les massifs inconsistants, ne pouvant se soutenir par eux-mêmes, se formulent en dépressions : à la première catégorie appartiennent la plupart des roches calcaires ; à la seconde, la plupart des marnes, argiles, schistes, grès tendres, etc. ; quelques roches tiennent le milieu. Les caractères orographiques relatifs aux affleurements sont particulièrement sous la dépendance des contrastes de reliefs et de dépressions correspondant respectivement à la consistance et à l'inconsistance des roches qui s'y succèdent.

De ce qui précède, il résulte que, dans une carte orographique, les couleurs destinées à mettre ces rapports en évidence ne correspondent pas nécessairement à celles que l'on choisirait pour représenter les affleurements dans un but purement paléontologique. Ainsi, dans une carte coloriée à ce dernier point de vue, il serait important de donner des teintes différentes aux groupes portlandien et corallien, tandis

que, pour satisfaire à l'intention orographique, il importe, au contraire, d'en faire jaillir l'ensemble par une seule couleur, parce que cet ensemble constitue habituellement un massif compacte qui se formule en commun dans les reliefs, et parce que, en opérant autrement, on rendrait souvent peu intelligible la physionomie des accidents topographiques qu'ils constituent. On peut appliquer la même remarque aux dépressions généralement produites par l'ensemble des groupes liasique et keupérien. Il va sans dire cependant que, moyennant des représentations à une échelle topographique suffisamment grande, ces inconvénients diminueraient; mais en général, ils ne laissent pas de nuire à la clarté des faits de structure plutôt que d'y être utiles.

Ces remarques expliqueront suffisamment la division orographique suivante, que nous envisageons dans la chaîne du Jura.

La série jurassique se divise en 4 massifs : — 1° Portlandien et corallien, compacte. — 2° Oxfordien, meuble. — 3° Oolitique, compacte. — 4° Liasique meuble, envisagé en commun avec le premier groupe du triasique, savoir le keupérien.

La série triasique se divise en trois groupes : — 1° Le keupérien meuble, envisagé en commun avec le liasique, et dont nous avons déjà parlé. — 2° Le conchylien, compacte. — 3° Le grès bigarré, meuble, ne jouant qu'un rôle très-minime.

La série crétacée se divise en : — 1° Néocomien, que nous diviserons quelquefois en inférieur marneux et supérieur calcaire, le tout jouant assez généralement le rôle de massif consistant. — 2° Grès vert et craie ne jouant point de rôle orographique important ou soutenu.

Entre les terrains jurassiques et les crétacés il faut ajouter : — 1° Le sidérolitique. — 2° Le nagelfluh jurassique. — 3° Le wealdien. — Les deux premiers révèlent des considérations orographiques importantes, sans jouer de rôle orographique proprement dit.

Enfin, la série tertiaire sera pour nous uniquement formée par les molasses avec ou sans nagelfluh, roches le plus souvent assez inconsistantes dans le Jura, puis les calcaires d'eau douce, roches souvent assez compactes; le rôle orographique des terrains tertiaires n'est guère qu'accessoire dans nos montagnes.

Il serait fort inutile de s'occuper ici d'une synonymie des divers étages dans lesquels les divers auteurs récents ont divisé paléontologiquement ces terrains.

§ 2. *Les principaux caractères pétrographiques de ces massifs.*

En résumé, donc, les massifs qui contribuent essentiellement à la composition de la chaîne du Jura et aux grands traits de sa structure, sont d'abord le ***portlando-corallien***, l'***oxfordien***, l'***oolitique***, le ***liaso-keupérien*** et le ***conchylien***; puis le ***néocomien***; enfin le ***molassique***.

Portlando-corallien. Massif de calcaires compactes prédominants, puis oolitiques. Le corallien est particulièrement compacte, sans subdivisions marneuses. Le portlandien est, dans une grande partie du Jura bernois et bisontin, divisé par trois assises marneuses: celle des marnes à virgules, à ptérocères, à astartes. Les deux premières ne paraissent point jouer de rôle orographique bien accusé et quelque peu soutenu. La troisième, qui est plus puissante et plus nettement marneuse, donne lieu à des modifications que nous examinerons en leur lieu. En général, l'ensemble portlando-corallien se conduit orographiquement comme un seul massif de roches résistantes, solides, susceptibles de se soutenir par elles-mêmes en reliefs anguleux. Les teintes qui dominent dans ce groupe sont le blanc plus ou moins jaunâtre, ocracé, verdâtre, le gris écru, et, pour les marnes astartiennes, le gris bleuâtre.

Oxfordien. Comprenant le terrain-à-chailles, massif d'argiles et de marnes qui passe dans certains districts à des calcaires marno-compactes souvent schisteux, moins meubles que les marnes. Cet ensemble se conduit orographiquement comme un massif de roches non consistantes, incapable de se soutenir en reliefs et donnant lieu, au contraire, à des dépressions encadrées de diverses manières par les massifs compactes corallien et oolitique. Cependant, ses divisions marno-compactes font naître à certains égards dans plusieurs districts, au rôle général du groupe, quelques modifications que nous aurons à envisager. Les teintes dominantes sont le gris bleuâtre, puis parfois le blanc jaunâtre, ocracé.

Oolitique. Ensemble de calcaires oolitiques avec d'assez puissantes subdivisions presque compactes et quelques-unes un peu marneuses, sans importance orographique, le tout agissant comme massif compacte et se formulant en reliefs. Ses teintes dominantes sont le gris roussâtre ou violacé, souvent maculé de bleuâtre.

Liaso-keupérien. Ensemble de calcaires compactes, schistes, marnes, argiles, grès

marneux, agissant en général comme massif meuble incapable de se formuler en reliefs, sauf quelques assises calcaires, lesquelles cependant, étant trop peu puissantes et immédiatement encadrées de couches marneuses, ne donnent que rarement lieu à des formes vigoureuses et soutenues. Teintes gris bleuâtre foncé dans le liasique, gris bigarrés de rougeâtre, de verdâtre et de bleuâtre dans le keupérien.

Conchylien. Massif de calcaires et de marnes moins consistant que les groupes supérieurs, mais se formulant cependant souvent en reliefs assez arrêtés et assez hardis. Gris enfumé assez sombre, parfois blanchâtre.

Néocomien. Ensemble de calcaires et de marnes, les premières résistant et formulant ordinairement des reliefs, les secondes dessinant le plus souvent des dépressions. Le jaune ocracé, parfois verdâtre, domine dans les calcaires; le blanc jaunâtre et le gris bleuâtre dans les marnes.

Molassique. Ensemble de grès parfois compactes, le plus souvent assez meubles dans le Jura, formulant des dépressions ou des reliefs émoussés à teintes verdâtres très-prédominantes. Les calcaires d'eau douce assez compactes, parfois marno-compactes et associés à des marnes, se formulent parfois en configurations assez vigoureuses, mais de peu de puissance; les gris écrus et lilacés y dominent.

De tous ces terrains ce sont les massifs portlando-corallien et oolitique qui jouent dans les reliefs le rôle principal et déterminent les accidents les plus hardis, tandis que les massifs oxfordien et liaso-keupérien correspondent presque toujours aux dépressions encaissées. Le néocomien forme des zones de revêtement plus ou moins élevées au pied des reliefs jurassiques, sauf dans le passage aux Alpes dauphinoises, où il acquiert une importance capitale. Le molassique joue un rôle accessoire analogue. Le sidérolitique colore çà et là en rouge les superficies portlandiennes, le nagelfluh jurassique ensable ces mêmes surfaces de loin en loin.

Ajoutons enfin que des nappes de limons plus modernes, étendues çà et là avec plus ou moins de puissance, déguisent fréquemment les terrains plus anciens, surtout en dehors des grands reliefs, sans ajouter un élément qu'il soit nécessaire de prendre en considération au point de vue des grandes structures orographiques.

Tous ces massifs, depuis le grès bigarré jusques et y compris le molassique, montrent entre eux, sur tous les points du Jura proprement dit, une constante concordance de

stratification. Les affirmations contraires, émises à diverses époques relativement au néocomien ou au molassique eu égard au portlandien, nous paraissent totalement dénuées de fondement. Elles reposaient sur des illusions produites par des faits soit d'ablation, soit de dislocation mal compris [1]. Nous croyons que tous les observateurs jurassiens sont maintenant d'accord à cet égard. Quant à nous, après vingt ans d'examen, nous ne pourrions signaler un seul fait de stratification transgressive appartenant à l'échelle orographique. Quelques roches présentent, il est vrai, des traits de structure qui peuvent être comptés pour transgressifs, mais ils sont de petite échelle, pétrographiques et non orographiques. Bien qu'ils aient pu devoir leur origine à des oscillations du sol, celles-ci ne correspondent ni à des dislocations importantes, ni à des modifications zoologiques dans les terrains. Nous examinerons ailleurs les principaux cas de structure qui ont occasionné des erreurs à ce sujet.

§ 3. *Leurs puissances.*

Les puissances de ces divers massifs, bien qu'assez constantes et même parfois étonnamment dans un petit rayon, varient beaucoup à de grandes distances. Aussi, soit par cette raison, soit à cause des difficultés et par conséquent des erreurs que présentent ces évaluations, est-il impossible de mettre d'accord sur ce point les chiffres des divers géologues jurassiens. En général, si nous en croyons notre expérience personnelle, ils ont été le plus souvent estimés trop bas. Il peut se faire ensuite que certaines puissances soient réellement quelque peu différentes dans les terrains horizontaux de ce qu'elles sont dans les masses disloquées, comprimées, refoulées. Cependant, comme il est utile de se faire une évaluation approximative à cet égard, voici quelques faits généraux auxquels on peut se tenir sans trop d'erreur · nous ne parlerons ici que de la série comptée du conchylien au portlandien, y compris ces terrains.

D'abord, la puissance habituelle de cette série n'est jamais moindre que 500 mètres, et elle en atteint très-souvent 900, chiffre qui encore ne paraît pas être le maximum. La somme des plus petites données fournies par les géologues jurassiens est d'environ 550 mètres, et celle des plus grandes de 990. — Quand, dans la région rhénane argo-

1. De ce nombre est notre propre affirmation de stratification transgressive entre le portlandien et le corallien, affirmation émise en 1832 dans l'*Essai sur les soulèvements jurassiques;* il y a bien longtemps que nous sommes revenu de notre erreur à cet égard.

vienne, on s'élève de la plaine du Rhin sur les plateaux conchyliens, on passe d'une moyenne de 300 à une autre de 450 mètres d'altitude; de là, sur les plateaux coralliens on monte jusqu'à 700 m. : différence 400 m., à laquelle il faut ajouter la majeure partie du portlandien qui y manque. — De même, dans le Jura français, en s'élevant du pied de la grande falaise occidentale (c'est-à-dire du lias supérieur, à peu près) sur les plateaux oolitiques, puis coralliens, on passe successivement de 300 à 500, puis 650 mètres : différence 350 m., à laquelle il faut ajouter au moins 200 mètres de liasique, keupérien et conchylien, puis 100 mètres de portlandien, ce qui, addition faite, fournit 650 mètres. — Ce chiffre, ainsi que le précédent, est certainement fort inférieur à la réalité, vu l'évaluation trop faible des groupes supérieurs. Ainsi, dans le Jura bernois, le portlandien et le corallien seuls ont une puissance de 250 mètres environ, et ils en ont davantage à Besançon. A Moutier-Grandval, dans les gorges de ce nom, l'observateur voit à découvert au-dessus de lui une épaisseur de couches coralliennes et portlandiennes qui certainement dépasse 300 mètres. Il en est de même dans beaucoup d'autres défilés de ce genre, sur beaucoup de points des côtes du Doubs, de l'Ain, de l'Albarine, où partout on reconnait des puissances bien supérieures à celles qu'accusent les auteurs. — Bref, il en résulte qu'on peut sans exagération envisager le chiffre de 700 à 800 mètres comme beaucoup plus près de la vérité que celui de 5 à 600, et s'y arrêter comme au résultat le plus probable. — Le résultat est encore confirmé par l'épaisseur des mêmes terrains dans l'Albe où, par exemple, entre le pied de la falaise de Reutlingen et le plateau, il y a 450 à 500 mètres de différence représentant la puissance des groupes liasique, oolitique, oxfordien et corallien, chiffre qui, complété par le keupérien, le conchylien et le portlandien, ne donnera pas moins de 7 à 800 mètres.

En marchant du nord vers le sud, depuis les lisières des Vosges et de la Forêt-Noire vers les hautes chaînes jurassiques et le bassin suisse, on s'éloigne d'un ancien rivage pour se rapprocher de régions plus pélagiques. De façon que, d'une part, dans ce sens les terrains augmentent assez sensiblement de puissance, et que d'un autre côté la base conchylienne présumée, sur laquelle on peut les envisager comme reposant, va en s'abaissant d'altitude. Il y a, sans doute, des exceptions à ceci, exceptions dépendantes des reliefs préexistants du fond des mers triasiques et postérieures; mais cela paraît vrai en général. Ainsi les mêmes massifs seraient moins puissants, par exemple, dans

les plateaux bâlois ou montbéliardais, qu'ils ne le sont dans les chaînes du Weissenstein, du Chasseron, de la Dôle, etc. Toutefois, il m'est impossible de rien dire d'exact sur ces différences, qui tantôt paraissent très-fortes, tantôt semblent à peine appréciables.

La base conchylienne du massif que nous envisageons est donc, indépendamment des dislocations, située à un niveau plus élevé dans le nord que dans le sud du Jura. Ainsi, le long des plateaux argoviens et montbéliardais, elle est au-dessus du niveau de la mer d'environ 200 mètres, tandis qu'à la lisière occidentale, au pied de la grande falaise, elle doit se rapprocher de ce niveau et descendre au-dessous de plus de 200 mètres le long du pied des hautes chaînes. Si dans le premier de ces cas on fait l'hypothèse d'un redressement de 45° appliqué à un massif de 1000 mètres de largeur (largeur moyenne d'un flanquement de chaîne jurassique), puissant de 700 mètres, il est facile de reconnaître graphiquement que le massif conchylien doit, dans ce mouvement, atteindre au plus une altitude de 7 à 800 mètres, laquelle est en effet le maximum des sommités conchyliennes d'Argovie. Si l'on applique la même supposition au troisième cas, en admettant une puissance de 1000 mètres, on arrive à des niveaux de 15 à 1600 mètres, qui sont en effet ceux des plus hautes chaînes. Cette évaluation, toute grossière qu'elle est, fait voir cependant que l'hypothèse de 700 à 1000 mètres de puissance, combinée avec celles des altitudes de + 200 et — 200 mètres présumées pour la base conchylienne, cadrent avec les faits ou du moins ne les dépassent ni en trop, ni en trop peu.

Quant à la puissance du néocomien dans le Jura, elle est excessivement variable. Dans l'intérieur du système où il est le plus souvent incomplet, soit originairement, soit par ablation, il atteint cependant souvent 30, 50 et même 70 mètres. Sur les lisières de la chaîne, où il est plus entier, on le voit arriver à 80 et 100 mètres. Il en est à peu près de même dans les chaînes méridionales, où il montre ses divisions supérieures surmontées encore de l'un ou l'autre des étages crétacés suivants. Enfin, sur quelques points, il atteint (y compris ces derniers) un développement beaucoup plus considérable. En moyenne, dans son rôle orographique particulier, il ne dépasse guère 100 mètres et reste très-souvent bien au-dessous de 50. Là où les marnes inférieures sont développées, elles mesurent au plus, y compris leur encadrement

marno-compacte, une trentaine de mètres. — Ajoutons que ce qui précède est relatif au Jura proprement dit jusqu'aux chaînes de la Chartreuse et du Grenier, où les terrains crétacés prennent un développement beaucoup plus fort et une importance orographique toute spéciale.

Du reste, si nous ne connaissons rien de plus positif quant à la puissance réelle de nos massifs, nous savons mieux du moins quelles en sont les proportions relatives. Le plus puissant est le conchylien; puis vient, de près, l'ensemble portlando-corallien; ensuite le liaso-keupérien; puis l'oolitique sensiblement plus faible; enfin l'oxfordien. Ces diverses puissances pourraient être à peu près représentées par les chiffres suivants: conchylien 5, portlando-corallien 4.90, liaso-keupérien 4.50, oolitique 3, oxfordien 2. Toutefois, ici encore, il ne s'agit que d'une grande généralité.

§ 4. *Les modifications diverses qu'ils ont éprouvées.*

Tous ces terrains sont sédimentaires et, en général, ont été, comme tels, déposés horizontalement. Postérieurement à leur déposition, ils ont subi une foule de changements chimiques et mécaniques, qui les ont amenés à l'état actuel. — Depuis leur origine, ils ont passé par une série de modifications dépendantes de leur composition chimique dans une certaine mesure de métamorphisme; néanmoins, nulle part ils ne paraissent avoir éprouvé, sur une échelle quelque peu considérable et au contact d'agents ignés, le genre d'altérations profondes qui ont été particulièrement qualifiées de métamorphiques. — Les modifications dans lesquelles l'action mécanique a joué le rôle prépondérant sont surtout de deux espèces. Les unes sont des morcellements plus ou moins réguliers, plus particulièrement inhérents au jeu des forces physiques internes, propres à leur étoffe sédimentaire sans le concours essentiel de mouvements destructeurs de l'horizontalité. Les autres sont de véritables dislocations par déplacement, rupture et ploiement, essentiellement occasionnées par l'intervention de forces étrangères aux masses et qui ont donné naissance à des reliefs et des dépressions diversement agencés, c'est-à-dire à un système de montagnes. Les premières sont donc plus particulièrement pétrographiques, les secondes orographiques; c'est à leur examen que ce travail est spécialement consacré.



PREMIÈRE PARTIE.

DU PÉLOMORPHISME DANS LES MASSES JURASSIQUES.

CHAPITRE I.

PÉLOMORPHISME ET LITHOMORPHISME; ÉTOFFES DES ROCHES JURASSIQUES; LEURS DIVERSITÉS.

§ 5. *Coup-d'œil préliminaire.*

Tous les terrains énumérés au chapitre précédent, sont d'origine sédimentaire. Ce sont des sédiments, des vases plus ou moins pures, plus ou moins chargées de sable, de débris organiques, déposés au fond de la mer, puis consolidés par dessication ou autrement. Chacun d'eux a donc existé originairement à l'état de mollesse sédimentaire, lequel a duré plus ou moins longtemps et passé par les intermédiaires jusqu'à la rigidité pierreuse. Durant cet état, le jeu des affinités chimiques a dû s'exercer de bien des manières dans leur intérieur, produisant des groupements moléculaires variés, qui ont pu, tout en modifiant l'étoffe principale, donner naissance à une foule de faits minéralogiques disséminés en elle.

Toutes sortes de causes de mouvements, soit locaux, soit séismiques, de plus ou moins grande échelle, ont également, durant cet état, produit dans les masses une multitude d'accidents de froissement, de déplacement, de tassement, de rupture en petit ou en grand, qui ont laissé d'innombrables traces de leur action, affectant toutes l'une ou l'autre des formes qu'une substance pourvue du caractère de ductilité pâteuse présente dans ses limites naturelles et dans ses solutions de continuité, maintenues ou reformées avec frottement et compression. De là, à l'intérieur des massifs actuels,

dans une foule de situations, des modelages, des surfaces esquilleuses de rupture ou de décollement, des cannelures de frottement et de glissement, des aplatissements par compression, etc., tous accidents qui, envisagés avec soin, montrent constamment l'épreuve et la contre-épreuve dans des rapports instructifs.

Enfin, toujours durant cet état de mollesse, décroissant avec le temps par tendance à la siccité ou à une consolidation quelconque, pouvaient s'établir de nombreuses solutions de continuité par retrait ou autre facteur analogue, qui apportaient aux massifs un morcellement de plus ou moins grande échelle; ces agents, dont la nature est encore si peu connue, créaient dans les roches une sorte de clivage en grand et les divisaient en solides isolés les uns des autres par des fissures, lesquelles jouèrent nécessairement un rôle dans les facilités fournies aux dislocations postérieures.

Si tous ces faits de détail de l'histoire sédimentaire de nos roches ne nous offraient que le genre d'intérêt qu'ils ont par eux-mêmes, nous pourrions nous passer de leur étude, comme on l'a fait jusqu'à ce jour. Mais il n'en est pas ainsi. Il arrivera un moment, dans la suite des idées orographiques que nous nous proposons de dérouler, où il sera important de savoir si, à l'époque des grandes dislocations, les agents dynamiques s'exerçaient sur des masses encore pourvues de la mollesse sédimentaire ou sur des masses déjà solidifiées, ou peut-être enfin (comme on l'a prétendu), sur des masses ramollies après solidification. Or, c'est seulement dans la connaissance détaillée des faits de structure sédimentaire que nous trouverons les moyens de répondre à cette question. Nous devons donc, dès à présent, étudier ces faits, ou du moins, faire connaître les résultats auxquels nous sommes arrivés à cet égard. — Quoique nous ayons compulsé une assez vaste littérature géologique, nous n'y avons trouvé nulle part le genre de recherches que nous allons exposer, et nous le croyons à peu près neuf. C'est même ce qui nous a forcé de créer plusieurs expressions nouvelles, pour représenter des circonstances de structure négligées jusqu'à ce jour et dont la prise en considération est cependant indispensable dans cette étude.

§ 6. *État pélomorphique et lithomorphique.*

Une expression nous est d'abord nécessaire pour représenter en un seul mot cet état de mollesse sédimentaire, cette consistance pâteuse des vases plus ou moins

pures, quelle que soit du reste leur composition chimique ou mécanique et leur mélange avec des corps déjà solides; vases ou substances analogues qui ont fait l'étoffe essentielle des roches jurassiques. A chaque instant, pour éviter des longueurs, des circonlocutions et des obscurités, nous aurons besoin d'une désignation de ce genre susceptible d'être substantivée ou adjectivée : à cet effet, nous nommerons ***pélomorphisme***[1] l'état de mollesse sédimentaire; nous qualifierons de ***pélomorphiques*** les caractères qui s'y rapportent; enfin, nous donnerons le nom de ***pélomorphoses*** aux diverses accidentations plastiques de l'étoffe pélomorphique.

Il est évident que cette manière d'être des roches depuis l'origine du dépôt jusqu'à solidification et siccité parfaites, ou plutôt telles que nous les voyons actuellement, a pu offrir une multitude de degrés de pélomorphisme que l'on peut se représenter comme dépendant essentiellement des proportions de leur imbibition par le liquide quelconque, à qui ils devaient de participer à l'état de fluidité. Quel était ce liquide? C'est ce que, absolument partout, nous ignorons. Cependant il est infiniment probable que c'était l'eau marine, sans rien préjuger, du reste, sur les éléments chimiques ou mécaniques qui la modifiaient comme le font leurs analogues dans les eaux actuelles[2]. L'étoffe, au moment de la sédimentation, offrait donc un certain degré d'*hydration*, lequel était probablement un maximum, puis qui est allé en diminuant, pour arriver au degré actuel, qui est un minimum relatif et qu'on peut qualifier d'*anhydration*. Il va sans dire que ces deux expressions, qui nous sont fort nécessaires, nous les entendons dans un sens purement mécanique et non dans celui de combinaison, attribué à leurs correspondants chimiques, sans nous préoccuper de ce que l'hydration a pu faire naître de combinaisons *hydratées* de nature à la diminuer. En résumé, nous dirons donc que *les aptitudes dépendantes de la mollesse des dépôts sédimentaires ont varié, en diminuant depuis l'hydration jusqu'à l'anhydration.*

Il y a donc, idéalement parlant, au pélomorphisme deux limites extrêmes, dont l'une est l'état le plus fluide, l'autre le plus éloigné de cette fluidité, le plus privé de liquide, le plus solide, le plus sec, c'est-à-dire, la manière d'être pierreuse actuelle, que nous nommerons *lithomorphisme*[3], en qualifiant de *lithomorphiques* les caractères

1. De πηλος, vase, sédiment, humide et mol.
2. Nous reviendrons sur ce sujet § 24.
3. Λιθος, pierre.

qui y ont trait, et *lithomorphoses* les accidentations propres à l'état lithomorphique.

Ainsi, en considérant nos roches sédimentaires, nous les envisageons comme naissant à l'état pélomorphique, comme en jouissant, si l'on veut, sans modification, durant un terme quelconque, comme s'en éloignant ensuite plus ou moins graduellement par solidification jusqu'à la limite extrême de rigidité pierreuse ou de lithomorphisme accusée par leur état actuel, ces diverses périodes pouvant être, du reste, aussi grandes ou aussi petites que l'on voudra.

Si ce qu'il y a dans ces définitions d'impliquant, tacitement et par anticipation, une certaine durée de l'état pélomorphique, répugnait à quelque lecteur préoccupé de l'idée d'une solidification immédiate des dépôts sédimentaires, nous le prions de suspendre son jugement : il trouvera plus loin de nombreuses preuves de cette durée, sans préjudice à l'admission de cas exceptionnels.

§ 7. *Etoffe vaseuse*[1].

Ce serait ici le lieu de chercher à nous faire une idée quelque peu exacte de ce qu'étaient ces précipités sédimentaires, cette étoffe pélomorphique ; mais nous avouons n'avoir aucune lumière positive à apporter sur ce point. Nous désignons, comme tous les géologues, sous le nom de *vase*, cette base de nos roches compactes non clastiques, parce que, en effet, nous la croyons semblable aux vases des mers actuelles, sinon en égard à toutes leurs origines et propriétés physiques et chimiques, du moins relativement au mode de dépôt et à l'habitat des êtres organisés, qui y ont évidemment rempli autrefois le même rôle zoostatique que leurs analogues jouent maintenant.

Ce sont les calcaires compactes à pâte fine, à cassure lisse et conchoïde, calcaires très-communs dans le Jura, qui représentent ces dépôts vaseux dans leur plus grande pureté et qui peuvent servir de type à cet égard, bien que, sans changement de rôle essentiel, ils se montrent en outre sous une multitude d'autres aspects. Dans une foule de roches, ils sont accidentés par le mélange de parties concrétionnées, cristallines, clastiques, qui, parfois, finissent par prédominer. Néanmoins, au point de vue général,

1. Remarquons encore que nous employons cette expression faute d'autres, et sans que l'admission ou le rejet de ces analogies avec les vases actuelles soit d'aucune conséquence sur tout ce qui va suivre, tout roulant sur les propriétés pélomorphiques de l'étoffe sédimentaire, quelle que soit, du reste, son origine réelle.

l'étoffe vaseuse joue le premier rôle comme ayant concouru à la formation de presque tous les dépôts.

Bien que nous ne connaissions cette étoffe vaseuse que par les produits de sa consolidation, nous pouvons néanmoins nous faire une idée de plusieurs de ses propriétés mécaniques les plus importantes. En l'envisageant dans les calcaires compactes, conchoïdes, lisses les plus homogènes, et en prenant en considération les accidents pélomorphiques qu'ils nous présentent, nous sommes forcément conduits à reconnaître et à admettre quelques-uns des caractères physiques de cette étoffe dans le cas de sa plus grande pureté, cas que l'on peut prendre pour type.

Le premier de ces caractères est une excessive division du précipité par la sédimentation, d'où résulte une ténuité de parties qui rend celles-ci absolument imperceptibles à nos observations comme individus moléculaires ; en d'autres termes, c'est une finesse de pâte, dont le mode d'agrégation ou les éléments de texture échappent totalement, comme cela se voit dans les argiles les plus pures et les plus déliées et dans les masses gélatineuses inorganiques.

Un second caractère, c'est la parfaite ductilité et plasticité de cette étoffe une fois arrivée à un degré d'hydration convenable, ou autrement sa parfaite aptitude à percevoir du contact d'un corps extérieur des empreintes persistantes.

Un troisième caractère, qui n'est point, en réalité, autre que le précédent, mais qu'il importe de signaler à part, c'est la facilité avec laquelle, à une empreinte produite, a pu en succéder une autre faisant entièrement disparaître la première, ou la modifiant.

Un quatrième, fort important à envisager, c'est la facile mobilité de la masse pélomorphique, soumise à toute commotion, tendant à lui imprimer un ébranlement dans un sens quelconque, horizontal par exemple, moyennant des vacuités latérales, qui permettent une certaine quantité de mouvement, et ce, tout-à-fait à la façon d'une gelée tremblante.

Un cinquième caractère, qui est la conséquence du précédent, c'est la tendance au retour d'une semblable masse ébranlée à sa position originaire, moyennant qu'il n'y ait pas eu dilacération intérieure.

Un sixième, également très-important, c'est la tendance et la facilité de l'étoffe

pélomorphique à se briser à la moindre commotion, et, comme cela se voit dans une substance gélatineuse, suivant des fissures plus ou moins droites, pouvant être remarquablement placées, remarquablement rapprochées, à parois d'autant plus lisses que la pâte est plus fine, le tout sur une échelle grande ou petite ; puis, comme conséquence, la réagglutination immédiate des parois de ces brisures avec concordance ou avec des discordances plus ou moins fortes, mais le plus souvent faibles.

Un septième caractère consiste dans l'aptitude à éprouver des retraits par l'anhydration, retraits donnant naissance à des fissures qui, toutes choses égales d'ailleurs, doivent obéir à quelque loi d'autant plus régulière, que l'étoffe est plus homogène.

Un huitième, c'est que les parois de ces fissures de retrait doivent être, comme cela se voit dans toutes les substances pélomorphiques qui marchent plus ou moins rapidement à l'anhydration, la présence d'aspérités, d'arrachures symétriques d'autant plus grandes que le retrait se fait sur une plus grande échelle, d'autant plus petites qu'il s'opère sur une moindre, et ce, jusqu'à la ténuité microscopique.

Un neuvième caractère, c'est que, à un certain degré d'hydration, toute compression a dû épurer l'étoffe d'une certaine quantité du liquide quelconque qui faisait une partie de son volume et le faire transsuder par les surfaces libres, tout comme cela se passe en pareil cas dans toute substance pélomorphique pénétrée d'eau et comprimée.

Un dixième, c'est qu'à la suite d'une compression de ce genre, et en ne tenant plus compte du liquide exprimé, il y a eu nécessairement réduction de volume.

Un onzième caractère, c'est que, si le cas s'est présenté que cette étoffe, comprimée contre un plan résistant, a trouvé à celui-ci un orifice, elle a dû jaillir par ce trou de filière selon une configuration plastique déterminée par sa circonférence.

Un douzième caractère, c'est que, sous l'action d'une compression de l'étoffe pélomorphique, les corps lithomorphes fragiles disséminés dans son intérieur ont pu être brisés et défigurés par aplatissement.

Un dernier caractère, enfin, c'est qu'en envisageant une masse pélomorphique, limitée par des plans et reposant sur une base, on conçoit qu'elle a pu être déjetée sur cette base par une poussée latérale et fléchie par une compression verticale.

Ces propriétés sont évidemment propres à toutes les substances pélomorphiques homogènes et fines à un certain degré d'hydration. Toutes sont révélées d'une manière

irréfragable dans les calcaires jurassiques compactes, par les pélomorphoses mêmes qu'elles y ont laissées, non pas çà et là, mais habituellement, partout, par millions et milliards d'exemples, de telle façon qu'il serait impossible de recueillir un décimètre cube de calcaire compacte naturellement limité, qui ne révélât l'une ou l'autre d'entre elles et presque toujours plusieurs à la fois.

Bien que toutes les propriétés précédentes soient communes à l'étoffe type que nous avons envisagée, rien n'empêche cependant qu'elles y aient eu lieu à des degrés divers, provenant des différences d'aptitude à l'hydration. Certaines étoffes ont pu retenir plus d'eau que d'autres sous le même volume de roche, et par cela seul présenter, quant au degré de plasticité, quant à la rapidité de marche vers l'anhydration, le retrait, etc., des caractères plus ou moins prononcés.

§ 8. *Hydraulicité possible.*

Nous verrons plus tard que dans une multitude, presque certainement dans la très-grande majeure partie des roches jurassiques, l'état pélomorphique a duré fort longtemps. Nous devons néanmoins réserver préalablement qu'il y a eu peut-être de grandes différences à cet égard par suite des diversités de composition et de leurs conséquences, soit comme facilitant la formation d'hydrates solides, soit comme facteur de l'hydraulicité. Si l'on soumet un ciment hydraulique depuis longtemps consolidé aux mêmes procédés que l'on applique aux matières premières pour la confection des chaux durcissantes sous l'eau, on réobtient un produit pourvu d'hydraulicité. Ainsi, réciproquement, nous pouvons penser que celles de nos roches qui, actuellement, donnent lieu à des étoffes hydrauliques, ont elles-mêmes, lors de leur état pélomorphique, joui de propriétés analogues. Dès-lors, ces sortes de roches auraient évidemment atteint avec une rapidité particulière le caractère lithomorphique. — Mais, sans tenir précisément à se baser sur le raisonnement précédent, il est entièrement raisonnable d'admettre qu'à l'égard de la durée du pélomorphisme, il a pu y avoir, dans les étoffes sédimentaires les plus pures, et indépendamment de tout mélange de corps solides, déjà diversité de durée pélomorphique.

§ 9. *Corps lithomorphes empâtés ou développés dans l'étoffe pélomorphe.*

Moyennant qu'on ne réduise pas à zéro la durée du pélomorphisme des étoffes de nos

roches, il est clair que, soit à mesure, soit durant leur dépôt, elles ont pu envelopper des corps déjà solides, ou en voir se former dans leur intérieur avant leur propre solidification. Ces corps lithomorphes qui accidentent presque partout l'étoffe sédimentaire de nos roches, sont les suivants :

1° *Corps lithomorphes empâtés durant le dépôt ;* ils sont particulièrement de trois espèces :

a) Les concrétions. Nul doute que des concrétions se sont formées et immédiatement solidifiées dans les eaux et dans l'intérieur des dépôts pélomorphes, à mesure que ces derniers se déposaient. Contentons-nous de signaler ici les oolites, dont le rôle est si important. Ce sont essentiellement des concrétions globuleuses, concentriques, développées dans une eau lapidescente, autour d'un petit noyau central lithomorphe quelconque, tenu en suspension par le mouvement du liquide dû, soit au jaillissement naturel par reprise du niveau, soit à des émissions gazeuses, comme on le voit encore dans certaines eaux thermales actuelles. Elles sont ou calcaires ou ferrugineuses, de diverses tailles, pisaires, cannebines, milliaires, etc. Pour nous, les pisolites de Carlsbad, celles du sidérolitique, etc., ne sont autre chose que des oolites pisaires. — Inutile d'ajouter qu'il existe une foule d'autres concrétions de rôle analogue à notre point de vue. — Dans ces divers cas, l'étoffe pélomorphique varie de prédominante à presque nulle, et se trouve remplacée par une étoffe cristalline presque entièrement lithomorphe elle-même. Dès-lors, théoriquement parlant, la masse de la roche a dû, soit prendre immédiatement l'état lithomorphe, soit s'en rapprocher rapidement. Cependant, même dans ces sortes de cas, l'on rencontre presque toujours des preuves d'une certaine durée pélomorphique.

b) Les débris de test (minéralisés plus tard), de mollusques, radiaires, etc., *réduits à l'état de sable* plus ou moins trituré par le flot, souvent de très-petit volume, un peu arrondis, de façon qu'au premier aspect les petits grains distribués en amas de même format ressemblent à des oolites, bien qu'ils en diffèrent essentiellement par l'absence de structure concentrique. Ces sables ont joué, comme ils jouent encore dans les plages et bas-fonds, un rôle considérable, et contribué à former des assises fort étendues dans plusieurs étages jurassiques. Ce sont ces sables que les anciens minéralogistes séparaient déjà des oolites sous le nom d'*ammites*. Souvent ils sont liés par un ciment spathique, c'est-à-dire lithomorphe; mais, le plus souvent aussi,

l'étoffe vaseuse s'y montre suffisamment pour que la masse révèle des faits de durée pélomorphique.

c) Les sables proprement dits, c'est-à-dire provenant de roches pré-existantes calcaires, ou le plus souvent quartzeuses. Bien qu'au premier coup-d'œil ils ne paraissent pas occuper, dans les terrains jurassiques, une place bien considérable, ils ne laissent pas d'y figurer. Ce sont surtout des poussières siliceuses très-fines, de grain à peine discernable, et liées par un ciment calcaire, qui entrent dans la composition d'un certain nombre de marnes et d'assises d'aspect dolomitique, dont quelques variétés sont employées comme pierres à repasser : tels sont les calcaires gréseux de la base de l'astartien, ceux de la base de l'oolitique, etc. Çà et là, on y observe des paillettes de mica, et très-rarement des traces d'autres minéraux à l'état clastique. La durée du pélomorphisme s'y révèle également, mais plus faiblement ; ce qui appuie l'idée d'une solidification plus rapidement obtenue.

d) Les tests, minéralisés plus tard, *des fossiles* de diverses classes, plus ou moins complètement conservés : souvent la même espèce ou un petit nombre d'espèces, groupées socialement par milliers, forment des bancs entiers liés par un ciment vaseux ou spathique, auxquels on donne plus particulièrement le nom de *lumachelles.*

e) Les galets, formant plus ou moins *poudingue,* et les *blocs,* constituant plus ou moins *brèche* au milieu de l'étoffe sédimentaire, et appartenant presque toujours à des roches jurassiques : peu communs dans nos divers étages, et ne paraissant partout que sur des points de peu d'étendue, comme faits locaux, et non comme horizon soutenu.

2° *Corps lithomorphes développés postérieurement au dépôt et durant la mollesse sédimentaire.* Ce sont principalement les suivants .

a) Les filets, veines, nids, géodes et plaques de *chaux carbonatée cristallisée :* ils sont très-nombreux et ont évidemment pris l'état solide immédiatement à leur formation, avant la solidification de la base pélomorphe.

b) Les veinules et géodes de *quartz cristallisé.* Généralement rares, excepté dans les étages à fossiles silicifiés. Je ne parle pas ici de la silice gélatineuse, dont je ne saurais apprécier le rôle au point de vue qui nous occupe.



c) Les veines, nids, géodes, cristaux isolés de *fer* sulfuré, hydroxydé, etc., à l'état plus ou moins *cristallin*.

d) Divers *groupements veiniformes* siliceux, argileux, ferrugineux, nés à l'intérieur des masses pélomorphiques du jeu des affinités, et qui probablement étaient solidifiés que l'étoffe ambiante ne l'était pas encore.

e) Enfin, les *tests de fossiles* transformés en calcaires, silice, sulfure de fer, silicate de fer, etc., dont nous avons déjà dû parler plus haut pour les signaler à leur état lithomorphe non encore minéralisé.

§ 10. *Diversité des faits de plastique et de durée pélomorphique, selon les cas.*

Cela posé, si nousenvisag eons des masses pélomorphiques sollicitées par des agents capables de les ébranler, ployer, disloquer, rompre, refouler, comprimer, froisser, il en résultera évidemment des formes plastiques, des pélomorphoses très-diverses, dont l'étude peut faire remonter avec plus ou moins de facilité à l'intelligence des mouvements relatifs qui y ont donné naissance.

Si, après cela, on considère nos diverses roches au point de vue de leur composition sédimentaire, plus ou moins purement pélomorphe, ou pourvue d'hydraulicité, ou chargée de corps durs, on se rendra compte : 1° que les faits de plasticité pélomorphique doivent être les plus nombreux et les mieux observables dans les roches les plus exclusivement vaseuses, et l'être d'autant moins que l'élément immédiatement lithomorphe aura plus dominé dans leur masse ; 2° que la durée d'un état pélomorphique bien accusé a pu varier dans ces diverses roches, et partant, que le terme final de la consolidation lithomorphique a pu être plus rapproché chez les uns que chez les autres.

Si, ensuite, nous envisageons l'application du même agent dynamique dans le même temps à des roches différemment pourvues de la propriété pélomorphique, nous pourrons nous attendre à les voir présenter des effets de dislocation et de plastique divers.

Enfin, si au lieu de considérer une masse pélomorphe dans un moment donné et quant à ses conditions internes de tendance au lithomorphisme, nous prenons cette masse à des dates différentes de sa marche vers la solidification, nous reconnaîtrons

presque toujours ils sont beaucoup moindres, et fort souvent, surtout à mesure que les diaclives se multiplient, il y a comme contact entre les parois : elles adhèrent parfois très-solidement, contrariant ainsi les travaux des carriers d'une manière imprévue.

En résumé, *les mêmes diaclives règnent*, non pas du haut en bas de la série des terrains, en soutenant leurs plans, mais par *systèmes* ou *étages*, comprenant un plus ou moins grand nombre de couches, s'arrêtant aux couches supérieures ou inférieures, pour être remplacées par un autre ensemble. La figure 4 expliquera cette disposition : elle représente le profil d'un massif de couches, formé de 4 systèmes diaclivaires.

Rappelons enfin que, d'après ce que nous avons dit précédemment, *les diaclives principales de direction constante paraissent régner par groupes*, occupant des superficies plus ou moins considérables. Ainsi, en parcourant attentivement des massifs assez inclinés pour rester sans tapis végétal, on voit souvent sur un kilomètre entier régner les mêmes directions ; mais on y voit aussi, parfois, un premier système de direction, occupant les premiers 500 mètres, faire place à un autre occupant les derniers. La fig. 5 donnera une idée de ce mode de succession, qui est peut-être plus rare que quelques faits ne nous le font présumer.

d) Des diaclives secondaires et de leur réseau. Nous avons dit que les diaclives secondaires sont celles qui divisent seulement une couche, c'est-à-dire un massif compris entre deux épiclives principales. Envisageons un parallélipipède ainsi emprunté au réseau diaclivaire principal : il est terminé par deux épiclives et quatre diaclives principales. Or, de même que l'ensemble du terrain, ce solide est souvent encore subdivisé par des fissures diaclivaires, dont les unes montrent un parallélisme prédominant à la première principale, les autres à la seconde, lesquelles concourent, avec ou sans les épiclives secondaires, à former un réseau secondaire d'anciennes solutions de continuité (souvent réagglutinées), entièrement analogue au réseau principal.

Les diaclives secondaires diffèrent, du reste, en outre des principales, dont elles portent tous les caractères plastiques, en ce que ceux-ci sont de moindre échelle. A part cela, on peut les diviser en première et seconde diaclive secondaire, respectivement parallèles aux première et seconde principales et contrastant par les mêmes différences de parois que nous verrons plus tard.

On voit donc que les diaclives secondaires ne sont autre chose que la répétition,

gine sableuse : elles ont, sans doute, pu percevoir certaines empreintes et, moyennant solidification suffisante, les conserver, mais, en général, leur constitution est essentiellement anti-plastique.

Ainsi, les mêmes phénomènes ont dû formuler différemment les mêmes faits dans ces diverses étoffes : cependant on en retrouvera toujours quelques traces.

En conséquence, pour étudier les faits de pélomorphisme qui sont particulièrement révélés par la plasticité, on préfèrera les calcaires compactes de toute espèce, en évitant les plus cristallins et les plus hydrauliques. Ensuite viendront les calcaires d'autres textures, sans ou avec corps lithomorphes, mais solides et d'agrégation non terreuse. Puis, on éliminera les marnes et argiles. Enfin, on ne s'adressera qu'en dernier lieu aux grès de tout genre.

Nous avons aimé à diriger *à priori* l'esprit du lecteur vers les conclusions de ces deux derniers paragraphes, que l'examen des faits de plasticité pélomorphique prouve complétement *à posteriori*.



avec facilité. Elles ont eu lieu dans les masses principalement par suite de commotion générale, de déplacement, de relèvement, d'écrasement, et se dessinent notamment (avec leur grandeur moyenne) dans les plans épiclivaires des couches soulevées à angle un peu fort et non fraîchement découvertes par le relief météorique, que forme leur enduit de réagglutination spathique, ferrugineuse, manganésique, etc. De petite échelle, on les voit sur les épiclives fraîches dresser des lignes plus ou moins faillées à très-petite discordance, qui ont brisé l'enduit : ces *faillules* sont souvent fort belles. (Fig. 7, 8 et 9.) Nous reviendrons sur ce sujet au § 41.

Parmi ces ruptures pélomorphiques non diaclivaires, il faut probablement distinguer, comme ayant une origine propre, certaines brisures remarquablement placées, de très-petite échelle, opérées sans glissement relatif, perpendiculaires aux épiclives et étroitement réagglutinées. Elles nous paraissent uniquement dues à des trépidations de l'étoffe très-pure et à consistance gélatineuse. Elles sillonnent certaines épiclives, et on les voit surtout bien sur certaines surfaces attaquées par la décomposition météorique, où elles forment des droites qui se croisent par systèmes parallèles avec un faux air de clivage; nous pouvons les distinguer, sous le nom de *clivules* (fig. 10), sans pouvoir affirmer si elles sont bien réellement un fait à part, ou si elles ne sont qu'un cas particulier des fissures pélomorphiques irrégulières.

g) Des fissures de retrait météorique superficielles. La superficie des roches anciennement affleurantes est parfois aussi sillonnée de fissures irrégulières, qui paraissent entièrement disposées, comme celles du retrait, dans une substance pélomorphe exondée et fissurée par le retrait météorique actuel. Toutefois elles ne se présentent pas souvent sur cette faible échelle, et nous ne les signalons ici que pour qu'elles aient été mentionnées. Comme on ne les observe que dans des superficies rocheuses du reste très-altérées, il est possible qu'on les confonde avec quelque mode de désagrégation météorique particulier. Sur une grande échelle, elles jouent un rôle orographique que nous verrons plus tard, mais qui n'exerce aucune influence notable sur la division essentielle et interne des massifs dont nous nous occupons.

h) Des fissures par désagrégation météorique superficielle. Enfin, dans beaucoup de roches affleurantes et suffisamment hygroscopiques pour absorber plus ou moins profondément une certaine quantité d'eau atmosphérique, le jeu alternatif des gels et

autre tranchée, vu que les ouvriers ont soin d'y profiter des divisions préexistantes dans les massifs. Enfin, il est fort important que ces carrières soient aussi grandes que possible, afin que les traits de structure s'y montrent sur une étendue suffisante. *Nous engageons beaucoup le lecteur à ne pas perdre de vue ces recommandations dans la vérification pratique des faits que nous allons exposer.*

§ 13. *Epiclives, hypoclives et diaclives.*

Toute face qui délimite une couche sédimentaire ne peut être que l'un de ses joints de stratification, ou bien une paroi latérale également naturelle comme limite de fissure, se répétant habituellement dans un ordre déterminé, ou bien enfin une solution de continuité anormale, c'est-à-dire n'offrant dans sa manière d'être aucun caractère constant, aucun retour prévu, aucun rapport essentiel avec le mode de morcellement habituel de la couche. Comme c'est particulièrement à la superficie des joints et fissures naturels que se formulent les pélomorphoses, révélation de toutes sortes de mouvements orographiques, et que, partant, nous aurons très-souvent à en parler, nous avons besoin de les représenter par des expressions exactes et nettement définies, qui manquent encore à la nomenclature stratigraphique.

a) Epiclive. Chaque couche, strate ou lit sédimentaire, de quelque puissance ou composition qu'il soit, est terminé par une face inférieure qui repose immédiatement sur la couche précédente, et par une supérieure, sur laquelle repose immédiatement la suivante. Ces deux faces qui, avec leur sous- et superjacente, forment une solution de continuité, qu'on a nommée parfois joint de stratification, correspondent, l'inférieure à l'acte initial du dépôt qui a formé la couche, la supérieure à un temps d'arrêt quelconque dans cet acte. La face supérieure offre presque constamment un caractère ou une nature minéralogique distincte de ceux de l'étoffe de la couche. En outre, elle présente, en général, au point de vue plastique, l'aspect de la superficie tranquille du dépôt sédimentaire à un moment déterminé. Nous la nommerons *face épiclivaire* ou *épiclive.* Ses caractères sont indépendants de ceux de la couche suivante, puisque elle existait avant celle-ci.

b) Hypoclive. La face inférieure est essentiellement de même nature minéralogique que l'étoffe de la couche, dont elle n'est que le commencement; cependant, cet

riaux de la première auraient plus ou moins pénétré dans les crevasses béantes de la dernière [1].

Et, en général, pour que, dans un système d'assises inférieur, il ait pu se former un réseau diaclivaire totalement indépendant, quant à son remplissage, des étoffes des systèmes suivants effectués ou en voie de déposition, il faut que ces systèmes suivants déjà formés aient été non-seulement suffisamment consolidés, mais encore assez dépourvus de solution de continuité, pour protéger d'une manière absolue les vacuités du système diaclivé contre l'intrusion des eaux au sein desquelles se formait la couche du moment avec les matériaux dont elles étaient chargées. Donc, il est nécessaire d'admettre que, *lorsqu'un réseau diaclivaire se formait dans un système inférieur, il y avait encore intégrité dans les massifs qui le recouvraient.* (Fig. 51.)

Donc, enfin, les divers systèmes ou étages diaclivaires que nous voyons actuellement se succéder dans l'épaisseur de nos massifs géologiques, ont dû nécessairement s'y former de bas en haut et n'ont pu s'y former de haut en bas. C'est-à-dire que le réseau diaclivaire du système inférieur est venu le premier sous la protection de massifs superjacents non divisés; plus tard est venue la division d'un système suivant, également sous la couverture des massifs supérieurs probablement augmentés dans l'intervalle, mais toujours à l'état d'intégrité; puis un troisième, et ainsi de suite.

Nous verrons du reste plus loin, par d'autres considérations, que les diaclives n'ont dû prendre naissance qu'assez tard, c'est-à-dire à une époque déjà assez avancée de la période pélomorphe; ou autrement, qu'en envisageant une couche supérieure en voie de formation, le système diaclivaire le plus rapproché de celle-ci dans la verticale devait en être fort distant. Néanmoins, comme, ainsi que nous le verrons également, les diaclives ont été modifiées par des oscillations dans les terrains encore horizontaux, puis ont favorisé certains glissements de gerbes dans l'acte du soulèvement des massifs, il en résulte que *l'existence du réseau diaclivaire a de beaucoup précédé l'exondation générale des terrains.*

1. Il s'est passé quelque chose d'analogue, durant les époques géologiques modernes, dans plusieurs *terrains affleurants*, dont les incrustations stalagmitiques, venues de la surface, ont occupé plus ou moins profondément les diaclives béantes, ainsi que cela se voit dans beaucoup de carrières du Jura, appartenant, du reste, aux roches les plus différentes depuis le conchylien jusqu'au calcaire d'eau douce.

l'épiclive et l'hypoclive, et pour faces latérales des diaclives; elle peut, en outre, être traversée par des brisures anormales, soit pélomorphes, soit sèches. (Fig. 1.)

§ 14. *Remarques complémentaires relatives à la définition de l'épiclive et de l'hypoclive.*

Entre l'épiclive et l'hypoclive, il y a une différence essentielle. La première a une existence, des formes et une composition minérale propres; la seconde est nécessairement dépendante des faits antérieurs, et, à part cela, n'est que la limite inférieure, abstraite et en quelque sorte mathématique de la couche. L'épiclive limite un *moule;* l'hypoclive limite le *corps moulé* dans celui-ci.

On ne doit pas oublier que les définitions précédentes de l'épiclive et de l'hypoclive s'appliquent à une couche quelconque, quels qu'en soient, du reste, la puissance, la composition et les caractères d'agrégation. Par conséquent, elle regarde aussi bien un strate mince, un intermédiaire marneux, un lit grumeleux, qu'une couche proprement dite.

Dans la pratique technique et même géologique, on ne porte, le plus souvent, son attention que sur les épiclives et les hypoclives, qui terminent des bancs de quelque puissance et surtout de quelque compacité. On regarde ces deux faces, aisément observables, comme le commencement et la fin d'un dépôt représenté par la couche, ce qui emporte plus ou moins vaguement l'idée d'une continuité de l'action déposante entre ces limites.

Cette idée de continuité, en tant qu'elle serait absolue, ou qu'elle impliquerait l'absence d'autres interruptions périodiques, serait généralement fausse. Car, toute couche, même la plus compacte en apparence, est, en réalité, *entre ses épiclive et hypoclive principales*, formée d'une série le plus souvent nombreuse, relativement à sa puissance, d'autres petites couches, lits ou feuillets, offrant chacun, en particulier, une face supérieure et une inférieure, mais présentant, du reste, entre ses *épiclive et hypoclive secondaires* (fig. 2), le caractère de continuité, du moins sans interruption appréciable. Cette structure, que l'on aperçoit aisément dans beaucoup de roches feuilletées, est presque toujours peu ou point observable dans les calcaires compactes où cependant elle existe réellement, comme le montre souvent l'altération météorique. Rappelons seulement que ces épiclives secondaires paraissent correspondre, en effet,

vaires de la chaîne, un volume équivalant à celui de six millions de maisons, c'est-à-dire une centaine de fois autant qu'en compte la ville de Paris, etc.

Si nous avons insisté sur ce calcul un peu puéril, c'était afin de faire voir que ces vides diaclivaires, si exigus en apparence, ne laissent pas de former une somme assez considérable : encore faut-il remarquer que nous n'avons pris en considération que deux diaclives principales, en faisant abstraction des autres, qui certainement augmenteraient encore de beaucoup les chiffres ci-dessus.

Toutefois, il ne faut pas oublier que, quoique ces chiffres roulant sur la somme des vides diaclivaires, en fassent sentir l'importance en tant que totalité, il n'en est pas moins vrai que, comparés aux chiffres correspondants du volume des terrains, ils n'accusent que des proportions minimes, puisque les vides diaclivaires n'enlèvent à chaque mètre cube qu'un dix millième de son volume, c'est-à-dire, moins d'un petit cube qui aurait cinq centimètres de côté.

k) Des parois diaclivaires en général. Comme, pour être clair, nous sommes forcé de traiter successivement des faits que la nature présente synoptiquement, c'est à la section suivante que nous examinerons en détail les caractères plastiques des parois diaclivaires. Mais, pour ne pas ajourner à trop loin certaines conclusions relatives aux diaclives qui font l'objet particulier de la présente section, nous nous voyons conduit à présenter ici une assertion anticipée : c'est que toutes les pélomorphes des parois diaclivaires indiquent que la fissure s'est opérée dans l'étoffe pélomorphique, non pas comme la rupture ordinaire dans une masse ébranlée, mais par la traction déchirante en sens inverse des deux portions d'étoffe actuellement terminées par les parois opposées. Ainsi, tout en consignant ici ce fait qui nous est nécessaire, nous renvoyons à la section suivante le lecteur qui voudrait s'édifier dès ce moment. Inutile, du reste, d'ajouter ici des développements incomplets à ce sujet, dont nous traiterons longuement.

l) Du degré de multiplicité des diverses diaclives et notamment des accessoires. Il varie selon les étoffes, sans que nous puissions clairement reconnaître auxquels de leurs caractères répondent ces variations. Cependant on croit voir : 1° Que les diaclives accessoires sont en général moins nombreuses dans les étoffes les plus denses, les plus tenaces, les plus hydrauliques, puis dans celles qui sont particulièrement

Le plus souvent, dans les calcaires vaseux, les galénies laissent peu de fossiles en relief, ou bien ceux-ci sont déguisés par l'enduit. Dans certaines couches ondulées, des fossiles à test mince, engagés dans l'étoffe et cachés par l'enduit, sont nettement intersectés par la surface épiclivaire, ce qui prouve la part prise au dépôt par les phénomènes du mouvement des eaux. D'autres fois les galénies ne sont que la limite supérieure extrême d'un amas lumachellique ou ammitique, et alors l'enduit y manque le plus souvent.

Nous avons dit que, relativement à l'hypoclive, la forme de l'épiclive est indépendante. Cependant, souvent les épiclives successives transmettent d'une couche à l'autre leurs principaux reliefs, mais en les affaiblissant.

L'épiclive et l'hypoclive surjacentes forment une sorte de tout abstrait, dont nous aurons souvent à parler à propos de plasticité pélomorphique. Comme ce qui s'est passé dans la première est nécessairement moulé par la seconde, nous pourrons faire abstraction de cette dernière dans les considérations roulant sur ce sujet; on saura donc, pour la suite, que lorsque nous parlerons d'un fait épiclivaire, nous comprendrons implicitement les conséquences relatives à l'hypoclive surjacente.

Nous examinerons ailleurs en détail les accidents pélomorphiques des épiclives.

§ 15. *Etude des diaclives.*

a) Leur classification. Il existe plusieurs espèces de diaclives, dont toutefois les limites sont difficiles à établir. Il y en a de *principales,* qui traversent un système de couches tout entier, se montrant, du reste, à tous les autres égards, plus puissamment caractérisées quant à la dimension de leur *vide diaclivaire,* quant aux accidents qui en revêtent les *parois,* quant aux produits minéralogiques de remplissage entre ces dernières, etc. Il y en a ensuite de *secondaires* (fig. 3), qui ne traversent visiblement qu'une couche, s'arrêtant brusquement à la rencontre des suivantes, moins puissamment accusées dans tous leurs accidents de détail, enfin existant, du reste, sans préjudice à des diaclives principales dans leur propre massif, diaclives dont elles semblent seulement subdiviser le réseau dans son intérieur. Dans certaines roches, les portions isolées par les diaclives secondaires sont même encore fort souvent morcelées par d'autres diaclives régulières, *accessoires* de troisième ordre, mais que nous pouvons

à-dire, chaque cent kilomètre d'un kilomètre, ou, en d'autres termes, chaque 25 lieues d'une demi-lieue; toute la série des terrains, sur près de mille mètres d'épaisseur, aurait dû éprouver cet allongement! Ce mode d'extension aurait dû subdiviser ces masses en une multitude de fissures, en transmettant ses forces de traction latérales et opposées à travers une première solution de continuité, puis une seconde, puis une troisième, puis un millième et ainsi de suite, d'un premier prisme isolé, à un second, à un troisième, à un millième, et ainsi de suite. Inutile d'insister ici sur ce qu'il y a d'infiniment improbable dans cet allongement et d'absurde dans cette prétendue transmission. Si nous avons parlé de cette hypothèse, c'est afin de ne rien omettre.

Puisque donc la masse des terrains n'a pu s'allonger ainsi, elle est restée invariable: c'est ce qu'indique le bon sens. Dès-lors, la compensation des vides diaclivaires demande un retrait général de l'étoffe des masses. Nous aurions pu admettre cette idée d'emblée comme déjà proposée en géologie, si nous ne tenions à y arriver, non pas comme à une simple hypothèse, mais par l'élimination de toute autre solution, comme à une nécessité.

Cette notion du retrait et cette nécessité de le prendre en considération ainsi mise en évidence, discutons maintenant les causes que l'on peut se proposer comme explication du réseau diaclivaire. Nous n'en connaissons que six : 1° Les trépidations séismiques. — 2° Les grandes dislocations orographiques. — 3° La compression des masses les unes sur les autres. — 4° La cristallisation. — 5° Le retrait par exondation superficielle. — 6° Le retrait par action de la température interne.

1° Les trépidations séismiques, qui n'ont pas détruit l'horizontalité, ne peuvent être la cause des diaclives, parce qu'elles n'expliquent ni la somme des vides diaclivaires, ni l'accidentation des parois par traction opposée, ni la généralité et l'uniformité du réseau, ni sa succession de bas en haut par étages.

2° Les grandes dislocations orographiques, qui ont incliné les massifs, ne peuvent être la cause des diaclives par toutes les mêmes raisons précédentes, et parce que, en outre, la disposition des places diaclivaires n'est en aucun rapport avec les inclinaisons des couches redressées qu'elles traversent perpendiculairement aux épiclives, quel que soit l'angle de celles-ci à l'horizon.

3° La compression des masses les unes sur les autres ne peut être la cause des

de diaclives principales se distinguent habituellement en outre par des différences particulières dans les reliefs plastiques de leurs parois.

Enfin, ce qu'il y a de non moins digne d'attention, c'est que, *sur certaines étendues, les deux diaclives principales,* dont nous venons de parler, *affectent sensiblement,* et en tous cas, en moyenne, *des directions constantes vers un point déterminé de l'horizon.*

Si l'on essaie de constater ce fait, en commençant par l'observation d'une première carrière, on y remarquera bien vite une diaclive principale mieux caractérisée, une autre moins bien accusée, plus ou moins d'équerre à la première, et peut-être des diaclives anormales. Bien que, dans certains cas, ces dernières puissent, au premier abord, dérouter l'observateur, il n'en constatera pas moins ordinairement que, dans les limites de la carrière dont je parle, les masses sont surtout divisées par des diaclives parallèles (ou à très-peu près) à la diaclive principale la mieux accusée et courant toutes vers le même point de l'horizon. S'il lui reste quelque incertitude, il en sortira bientôt par l'observation d'une seconde carrière; en multipliant suffisamment, et boussole en main, ce genre de constatation, il arrivera à se convaincre de l'exactitude du fait que nous avançons plus haut. C'est, du moins, ce qui nous est arrivé sur plusieurs points du Jura [1]. Nous invitons les géologues jurassiens sédentaires à essayer ce genre d'observations dans leur district. Ils remarqueront toutefois que ces déterminations de direction ne sauraient se faire avec une très-grande rigueur, ou que les diaclives sont rarement bien planes; l'important est ici la moyenne des faits, ou plutôt la fixation de leurs limites extrêmes de variation.

Donnons un exemple. Dans 25 carrières environ, portlandiennes et coralliennes, des environs de Porrentruy, la première diaclive principale a varié entre les limites extrêmes N 7 O et N 15 E, la moyenne étant N 8 E. La direction de la seconde diaclive principale a varié entre E 17 N et E 15 S, la moyenne étant E 8 S [2]. Ces chiffres donnent évidemment 90° nonagésimaux pour l'angle moyen des deux directions qui ont,

1. Ces points comprennent particulièrement le Jura central, du pied des Vosges au lac de Bienne, et du grès bigarré au néocomien; — les caractères ci-dessus s'y montrent particulièrement aisés à observer dans le portlandien, le corallien, l'oolitique et le conchylien.

2. Ces chiffres, sans tenir compte de la déclinaison du lieu. Ces moyennes N 8 E et E 8 S sont obtenues par la totalité des observations.

auquel nous sommes conduits forcément par l'absence de tout autre. Cela signifie-t-il que la nature physique du phénomène nous soit connue, que nous prétendions l'élucider, en rendre compte? Non, assurément. Il y a là un problème de *paléophysique et de paléochimie* fort au-dessus de nos forces. Nous voyons dans la nature actuelle se produire sous nos yeux des phénomènes de retrait plus ou moins réguliers, plus ou moins analogues à celui des diaclives, mais, à ma connaissance du moins, nulle part identique; c'est que nulle part non plus il ne nous est donné d'observer des conditions pareilles. Rien de plus commun en *géogénie* que des procédés qui nous paraissent n'avoir plus leurs semblables en ce moment.

Ainsi, en attendant mieux, voici comment nous nous représentons la naissance des diaclives. A mesure qu'un système de couches succédait à un autre, et, le recouvrant de son manteau plus ou moins puissant, le dérobait à l'action des phénomènes superficiels, le premier étage inférieur devait, aussi lentement qu'on voudra le supposer, voir augmenter sa température et tendre à réduction de volume, par évaporation aqueuse et aussi peut-être par passage à l'état solide de plusieurs de ses éléments fluides. Dès-lors commençait l'action du retrait dans une mesure relativement faible, nécessairement limitée par suite de la couverture hermétique supérieure, plus ou moins régulière par suite des conditions d'homogénéité et s'exerçant dans les deux sens horizontaux, les seuls où elle était libre de se produire par des solutions de continuité; le phénomène ayant lieu sous une température croissant en raison directe de l'augmentation de puissance des massifs recouvrants, mais ne pouvant cependant être fort élevée, et le tout enfin se passant durant un état pélomorphique peu diminué par la petite quantité possible d'évaporation, et sans atteindre nulle part la solidification lithomorphique de l'étoffe [1].

Quelque opinion que l'on conçoive de cette explication, et si même on en repoussait tel ou tel détail dont nous ferions bon marché, nous n'en avons pas moins été forcément conduit par les faits à admettre qu'il *y a dans la naissance du réseau diaclivaire un phénomène de retrait, procédant successivement et par étages du bas en haut dans des masses pélomorphiques*. C'est ce que les sections suivantes de ce chapitre vont confirmer de mille manières dans les détails.

1. Nous verrons ailleurs que la production des fissures de retrait n'exige nullement l'anhydration totale : c'est, du reste, ce qu'on peut constater journellement dans les plages vaseuses exondées se divisant par retrait.

ils rappellent beaucoup la forme cristalline, que nous venons de mentionner. Cette remarque a déjà été faite par quelques géologues. Cependant, ayant essayé la mesure des angles sur un bon nombre d'exemplaires de ces sortes de fragments, ils n'ont pas supporté la vérification du goniomètre. — Il est naturel, du reste, que des parallélipipèdes, dégénérant plus ou moins en rhomboïdes, éveillent cette illusion. Néanmoins, nous invitons le lecteur à répéter nos expériences à cet égard.

c) Réseau diaclivaire principal. Sur chaque point où elles sont observables, les diaclives principales paraissent le plus souvent traverser la masse totale des roches, mises à découvert. Cependant, le contraire se présente aussi, notamment lorsque ce point montre quelque changement important et brusque dans la nature pétrographique des couches. En général, malgré l'illusion que peut produire l'observation de localités restreintes où la roche n'affleure point d'ordinaire sur une grande puissance, il est certain que les mêmes diaclives ne traversent pas la masse des terrains, c'est-à-dire que, bien qu'on retrouve des diaclives à tous les niveaux de cette masse, celles des niveaux inférieurs ne sont pas les prolongements des plans de celles des niveaux supérieurs. Il y a plus : c'est que tandis que (comme nous l'avons dit plus haut) la première principale traverse un système de couches, la seconde, correspondante d'équerre avec elle, ne traverse souvent qu'une partie du même système ; de façon que, sur une puissance donnée, à une première principale correspondent parfois deux ou trois secondes principales, qui ne sont pas dans le même plan vertical. L'inverse se voit aussi, mais rarement.

Elles sont habituellement assez rapprochées, mais il se présente beaucoup de variété à cet égard. Dans les masses les moins divisées, on les voit distantes au plus d'une dizaine de mètres, rarement davantage, le plus souvent moins. Dans les masses plus généralement divisées, elles sont souvent multipliées.

Lorsqu'elles ne traversent qu'une couche, il est parfois difficile de les distinguer des diaclives accessoires, dont nous parlerons plus loin, bien qu'en réalité elles affectent divers caractères plus particulèrement propres aux principales.

Les vides diaclivaires varient également, mais sans être jamais considérables, lorsqu'ils n'ont pas été accidentellement agrandis par quelque cause orographique, visiblement indépendante de leur origine. Il est rare de les voir atteindre un décimètre,

CHAPITRE III.

EXAMEN DÉTAILLÉ DES FAITS DE PLASTICITÉ PÉLOMORPHIQUE, OU DES PÉLOMORPHOSES.

---

§ 16. *Observations préliminaires.*

Après nous être, dans les sections précédentes, en quelque sorte mis en présence de l'étoffe originaire de nos roches et de leurs grands traits de structure, nous allons essayer de toucher du doigt les faits de plasticité qui y révèlent à la fois l'état pélomorphique et les mouvements relatifs des masses.

A cet effet, nous supposerons de nouveau l'observateur placé au milieu des circonstances stratigraphiques les plus favorables à ce genre d'examen, c'est-à-dire sur quelque point d'un terrain où la structure interne est fraîchement découverte : ainsi nécessairement dans une tranchée artificielle ou une carrière.

Nous choisirons les calcaires les plus purement vaseux que possible, tels qu'en offrent abondamment les terrains jurassiques supérieurs, d'étoffe homogène, plus ou moins lithographiques, à cassure lisse et large, parce que, comme nous l'avons déjà remarqué, c'est dans ce cas que toutes les pélomorphoses se formulent avec le plus de netteté. Une fois les faits observés dans ces conditions, on les retrouvera aisément au milieu de variétés lithologiques moins favorables et où l'initiative de ce genre d'observations aurait été plus difficile.

Nous éviterons également de commencer notre étude dans des abrupts naturels, dont les surfaces, depuis longtemps découvertes, ont été altérées par la décomposition atmosphérique, laquelle, bien que révélant certains faits, a particulièrement effacé les détails de plastique pélomorphique.

Cependant, comme, même dans les cas les plus abordables à nos recherches, l'altération météorique existe plus ou moins, nous devons en dire un mot ici avant d'entrer en matière. Rappelons donc que cette altération a essentiellement procédé par la

dans chaque parallélipipède du réseau diaclivaire principal, de faits de même nature, direction et caractère que ceux qui ont produit celui-ci. — Seulement, dans certaines natures de couches, ils sont bien accusés, tandis qu'ils le sont plus obscurément ou plutôt moins rigoureusement dans d'autres.

Tout ce qui s'est passé en grand pour donner naissance à la division diaclivaire principale ou le modifier, a dû se passer plus en petit pour produire et accidenter la division de second ordre. Par conséquent, bien que tout ce qui suivra plus loin roule particulièrement, et afin d'éviter complication, sur le réseau principal, on pourra entièrement l'appliquer au second. La fig. 4 représente une couche avec son réseau secondaire.

e) Des diaclives accessoires. Dans certaines étoffes on a déjà quelque peine à reconnaître clairement les diaclives secondaires : c'est encore bien plus le cas pour les accessoires, pour l'observation desquelles il faut recourir aux roches les plus morcelées. En réalité, lorsqu'elles se distinguent, elles tendent à subdiviser le réseau secondaire en un réseau de troisième ordre à caractères homologues. Cependant l'irrégularité devient ici de plus en plus prédominante et les petites diaclives se confondent plus aisément avec divers autres modes de fissuration, dont nous parlerons plus loin. Toutefois, en général, elles s'en distinguent par les indices de parallélisme avec les autres diaclives, puis par l'accidentation pélomorphique de leurs parois qui, sauf l'échelle de plus en plus petite, est encore la même que celle des diaclives principales et secondaires.

f) Des fissures pélomorphiques irrégulières. (Fig. 6.) Indépendamment des diaclives qui ont, comme nous le verrons plus loin, une origine spéciale, les massifs jurassiques sont souvent traversés en petit ou en grand par des ruptures de l'époque pélomorphique, également pourvues de parois à accidents plastiques, mais qui n'offrent aucun caractère de régularité, quant aux direction, rectitude, angle relatif ou parallélisme de leurs cours. Nous les avons déjà signalées au § 12, sous le nom de fissures anormales ou de cavaliers. Elles se distinguent, en outre, presque toujours par quelque *discordance* de glissement entre les portions divisées, ce qui leur donne un caractère de *crain*. Il y a de ces fissures de toutes dimensions, depuis l'orographique jusqu'au microscopique. Leur position et configuration anormale les fait ordinairement séparer des diaclives

ties les plus dures de chaque paroi pénètreront mutuellement et plus ou moins profondément les parties les plus molles opposées en se cannelant réciproquement, comme cela arrive à une pâte ductile dont on force la sortie par un orifice polygonal.

En outre, si deux parois pélomorphiques, après avoir été rapprochées au contact, viennent à être éloignées de nouveau, il se produira à la superficie le genre d'aspérités que nous voyons naître dans le décollement de deux corps agglutinés.

Ensuite, si une masse pélomorphique, divisée par le réseau diaclivaire de retrait, à vides plus ou moins béants, se trouve, par suite d'une commotion dont la résultante soit une poussée latérale, projetée en totalité et sans sortir de l'horizontal dans une direction déterminée (ne fût-ce que durant un instant infiniment petit, et sauf à reprendre sa position originaire, comme le fait une substance gélatineuse ébranlée et oscillant sur sa base), les parois de toutes les diaclives vides situées dans des plans perpendiculaires à la direction de la poussée tendront à se rapprocher ou se rapprocheront en effet au contact, transmettant de gerbe en gerbe le mouvement de translation; et, après consommation de celui-ci, c'est-à-dire après retour à la situation primitive des masses, ces parois, remises ou non en contact, auront mutuellement fait disparaître de leurs surfaces les aspérités primitives de retrait qui (aussi petit qu'ait été le mouvement relatif dans le sens des plans) y auront été remplacées par un aplanissement plus ou moins parfait; les masses elles-mêmes auront ou pourront avoir éprouvé dans ce sens une réduction de volume par compression avec transsudation de liquides dans les vides diaclivaires diminués jusqu'à nullité possible. — Tandis que tous ces résultats se feront remarquer dans les plans diaclivaires perpendiculaires à la direction de la poussée, il ne se sera rien produit de pareil dans les plans diaclivaires parallèles à cette direction qui auront conservé leurs caractères plastiques originaires et ne seront généralement ni frottés, ni planés, à moins, tout au plus que, par suite de la compression et, partant, de l'extension des masses en sens opposé, leurs parois n'aient éprouvé un rapprochement jusqu'à réengrenage des aspérités plastiques, recollement ou aplanissement imparfait et accidentel.

Après cela, si, indépendamment de l'hypothèse précédente, avec ou sans les résultats de sa réalisation, un système pélomorphique diaclivé vient à éprouver un déplacement tendant à lui faire prendre une position inclinée à l'horizon, il pourra se faire

dégels produit à l'intérieur une multitude de solutions tout-à-fait anormes, qui morcellent la roche en fragments où l'on ne reconnaît aucune forme constante, et dont *la superficie n'offre aucun caractère d'accidentation plastique*. On les voit souvent traverser d'une manière indépendante toutes sortes d'autres divisions naturelles des masses. On sait que, par leur chute graduelle, elles forment, au pied des abruptes, certains talus de débris qui finissent par jouer un véritable rôle orographique dont nous reparlerons ailleurs.

i) De l'époque et de l'ordre de succession dans lequel les systèmes diaclivaires ont pris naissance. Comme nous l'avons déjà annoncé, nous verrons plus loin que les parois des diaclives sont pourvues de toutes sortes de reliefs plastiques, dont l'étude démontre que les fissures qu'ils tapissent se sont formées durant l'état pélomorphique des masses.

Ces espaces diaclivaires sont tantôt vides, tantôt plus ou moins complètement occupés par des remplissages de calcaire cristallisé, que tout démontre s'y être développé postérieurement à la formation des diaclives et par la voie de liquides lapidifiques exprimés par compression des couches pélomorphes. Nous étudierons plus tard ces remplissages avec quelque détail.

Mais, ce qu'il est nécessaire de dire dès à présent et ce qu'il y a d'important, c'est que *ces remplissages diaclivaires n'ont jamais eu lieu au moyen de l'étoffe pélomorphique que l'on pourrait supposer fournie par la couche ou les couches suivantes en voie de formation.* — Ceci est une règle entièrement générale, à laquelle nous n'avons jamais vu l'apparence même d'une exception. Et cependant, si le contraire avait eu lieu, rien ne serait plus aisé à observer, puisque les couches consécutives étant très-souvent de composition pétrographique et de formes diverses, des remplissages en provenant feraient presque toujours un contraste frappant.

Il en résulte cette importante conséquence que, *dans aucune couche il ne s'est ouvert de diaclives durant le dépôt de la couche suivante*, et même avant que celle-ci n'ait éprouvé un certain degré de solidification. Car, évidemment, si, durant le dépôt d'une couche, il s'était formé des fissures dans la précédente qui lui sert de lit, les maté-

C'est évidemment ce qui est arrivé dans tous les terrains sédimentaires. Les divers cas ci-dessus sont entièrement habituels dans les diverses roches jurassiques, où ils se montrent de toutes parts. Nous n'avons, du reste, avancé ce qui précède que pour diriger l'esprit du lecteur, et nous allons arriver aux résultats par l'observation directe des faits.

Supposons donc que l'on visite une carrière ouverte dans quelque division jurassique supérieure, à pâte fine et à cassure lisse, par exemple, dans les calcaires astartiens. Si l'on s'y approche de quelque diaclive principale vide et découverte sur une étendue convenable, on la trouve, soit tapissée de diverses sortes de reliefs à forme évidemment constante, soit planée et cannelée de plusieurs façons. On trouve également les surfaces épiclivaires accidentées de différents reliefs ou dépressions également constants et caractéristiques. Ce sont ces diverses manières d'être plastiques des parois diaclivaires et épiclivaires que nous allons successivement examiner, en les prenant, non pas précisément dans leur ordre d'importance, mais dans celui où d'ordinaire (du moins dans le Jura) elles frappent le plus souvent l'observateur.

§ 18. *Des pélomorphoses dans les parois diaclivaires par fissures de retrait ou des thlasmes.* (Fig. 11.)

a) Leur description. Lors donc que l'on s'approche de la paroi d'une diaclive vide et bien caractérisée, on la trouve ou grossièrement ondulée et lisse, ce qui est le cas le moins fréquent, ou bien comme planée, ce qui est commun et que nous examinerons plus tard, ou bien pourvue d'aspérités crépues, que nous expliquerons aussi, ou bien enfin, et très-habituellement, lorsqu'elle n'est pas planée, hérissée d'esquilles, qui rappellent immédiatement celles qui se montrent à la superficie d'une pièce de bois à l'endroit où elle a été grossièrement sciée ou brisée contrairement à sa fibre : c'est par ces dernières que nous allons commencer.

Ce sont des esquilles perpendiculaires au plan général de la paroi, partant parallèles entre elles, d'aspect xyloïde, comme l'est la cassure d'une masse argileuse médiocrement humide ; ce sont comme des arrachures, des étirements de l'étoffe produites par une traction, résultant d'une séparation opérée de force. Variables de dimension d'une paroi à une autre depuis un centimètre au plus jusqu'à une longueur microsco-

j) Des vides diaclivaires, de leur volume. Nous avons dit que les parois d'une diaclive, sauf des cas de *recollement* qui ne sont qu'une exception à la règle, offrent entre elles un certain espace qui, tantôt est demeuré vide, tantôt a été rempli par des substances minérales particulières; il est clair que, dans l'un et dans l'autre cas, la distance entre les deux parois n'en existe pas moins.

Nous avons dit aussi que ces vides diaclivaires sont ordinairement peu considérables; que rarement ils atteignent un décimètre; qu'ils se succèdent assez rapprochés et au plus distants de dix en dix mètres; qu'on peut envisager ces chiffres comme des maximums. En revanche, si l'on prend un centimètre pour vide diaclivaire et un mètre pour distance des diaclives, on pourra presque regarder ces nombres comme des minimum.

Cherchons à nous former une idée de la valeur, en volume, de ces vides diaclivaires dans cette dernière hypothèse.—Envisageons-les d'abord sur un kilomètre en carré et sur une puissance de dix mètres.—Sur un kilomètre il y a mille diaclives et mille vides diaclivaires; donc, mille centimètres ou dix mètres de vide pour l'une des diaclives principales, et autant pour l'autre d'équerre avec celle-ci : ce qui donne en superficie une base de dix mètres sur dix, et, pour le massif de dix mètres de puissance, un cube de côté pareil, c'est-à-dire mille mètres cubes.—Ainsi, sur un système de couches d'un kilomètre carré, épais de dix mètres, c'est-à-dire, sur dix millions de mètres cubes, la somme moyenne des vides diaclivaires est au moins de mille mètres cubes.— En poursuivant ce calcul sur les mêmes bases, on trouve que le volume d'une lieue carrée de terrain (16 kilomètres carrés), sur cent mètres de puissance, contient 160 mille mètres cubes de vide diaclivaire; ce qui équivaut à un cube de plus de vingt-cinq mètres de côté, c'est-à-dire au volume de plus de cinquante maisons de grandeur moyenne, dernier chiffre qui s'élève à cinq cents si, sur cette lieue carrée, on envisage une puissance de mille mètres de terrains.

La surface des terrains jurassiques de la chaine du Jura peut être grossièrement évaluée à au moins douze mille kilomètres carrés (75 lieues sur 10), à chacune desquelles, pour ses mille mètres de terrain, correspond donc un vide déclivaire égal au volume de cinq cents maisons; ce qui donne, pour la somme totale des vides diacli-

vaires de la chaîne, un volume équivalant à celui de six millions de maisons, c'est-à-dire une centaine de fois autant qu'en compte la ville de Paris, etc.

Si nous avons insisté sur ce calcul un peu puéril, c'était afin de faire voir que ces vides diaclivaires, si exigus en apparence, ne laissent pas de former une somme assez considérable : encore faut-il remarquer que nous n'avons pris en considération que deux diaclives principales, en faisant abstraction des autres, qui certainement augmenteraient encore de beaucoup les chiffres ci-dessus.

Toutefois, il ne faut pas oublier que, quoique ces chiffres roulant sur la somme des vides diaclivaires, en fassent sentir l'importance en tant que totalité, il n'en est pas moins vrai que, comparés aux chiffres correspondants du volume des terrains, ils n'accusent que des proportions minimes, puisque les vides diaclivaires n'enlèvent à chaque mètre cube qu'un dix millième de son volume, c'est-à-dire, moins d'un petit cube qui aurait cinq centimètres de côté.

k) Des parois diaclivaires en général. Comme, pour être clair, nous sommes forcé de traiter successivement des faits que la nature présente synoptiquement, c'est à la section suivante que nous examinerons en détail les caractères plastiques des parois diaclivaires. Mais, pour ne pas ajourner à trop loin certaines conclusions relatives aux diaclives qui font l'objet particulier de la présente section, nous nous voyons conduit à présenter ici une assertion anticipée : c'est que toutes les pélomorphes des parois diaclivaires indiquent que la fissure s'est opérée dans l'étoffe pélomorphique, non pas comme la rupture ordinaire dans une masse ébranlée, mais par la traction déchirante en sens inverse des deux portions d'étoffe actuellement terminées par les parois opposées. Ainsi, tout en consignant ici ce fait qui nous est nécessaire, nous renvoyons à la section suivante le lecteur qui voudrait s'édifier dès ce moment. Inutile, du reste, d'ajouter ici des développements incomplets à ce sujet, dont nous traiterons longuement.

l) Du degré de multiplicité des diverses diaclives et notamment des accessoires. Il varie selon les étoffes, sans que nous puissions clairement reconnaître auxquels de leurs caractères répondent ces variations. Cependant on croit voir : 1° Que les diaclives accessoires sont en général moins nombreuses dans les étoffes les plus denses, les plus tenaces, les plus hydrauliques, puis dans celles qui sont particulièrement



chargées d'éléments clastiques, telles que les oolites et les grès liés par un ciment spathique; 2° qu'au contraire, elles sont plus nombreuses dans les étoffes à texture terreuse, crayeuse ou analogues, de tissu plus lâche et plus fragile. Cependant il y a des exceptions. — C'est aussi là où elles sont le plus fréquentes, qu'elles offrent le moins de régularité.

Il en résulte que *les diaclives sont le plus multipliées et irrégulières dans les étoffes pélomorphiques les plus originairement fluides* et moins hydrauliques, qui ont dû perdre une plus grande quantité d'eau, pour arriver à solidification, en amenant la production de fissures diaclivaires. Ce qui vient à l'appui de cette opinion, c'est que c'est aussi dans les couches les plus morcelées de diaclives accessoires que sont le plus fréquentes les accidentations plastiques qui supposent le plus de fluidité, comme nous le verrons plus tard (§ 23). Toutefois, ici encore il y a des exceptions à cette règle.

m) Des causes du réseau diaclivaire. De tout ce qui précède, il résulte qu'il faut se représenter la masse des terrains du Jura comme fissurée en une multitude de prismes verticaux, séparés entre eux par des espaces isolément petits, mais dont le total est considérable, et limités par des parois pourvues d'aspérités plastiques qui indiquent une séparation mutuelle par traction en sens contraire.

Toute explication de l'origine de cet état de choses doit ainsi rendre compte du caractère moyennement régulier des diaclives, de l'existence des vides diaclivaires, de l'état des parois, et satisfaire aussi à cette condition que le fissurement s'est opéré de bas en haut par systèmes successifs.

Lorsque, dans une masse horizontale originairement continue, qui a été divisée par des fissures verticales, celles-ci offrent, en résultat, des vides plus ou moins considérables, cela ne peut s'être passé que de deux manières. Ou bien la masse s'est allongée d'une quantité égale à la somme des largeurs des fissures; ou bien, la longueur de la masse étant demeurée constante, il y a eu dans toutes ses parties un *retrait* compensateur, la somme des rétrécissements de chaque prisme étant égale à la somme des vides diaclivaires.

Or, la masse des terrains jurassiques s'est-elle allongée pour donner naissance à la multitude des vides diaclivaires? Si elle avait eu lieu, d'après les bases numériques établies plus haut, chaque mètre se serait en moyenne allongé d'un centimètre, c'est-

à-dire, chaque cent kilomètre d'un kilomètre, ou, en d'autres termes, chaque 25 lieues d'une demi-lieue; toute la série des terrains, sur près de mille mètres d'épaisseur, aurait dû éprouver cet allongement! Ce mode d'extension aurait dû subdiviser ces masses en une multitude de fissures, en transmettant ses forces de traction latérales et opposées à travers une première solution de continuité, puis une seconde, puis une troisième, puis un millième et ainsi de suite, d'un premier prisme isolé, à un second, à un troisième, à un millième, et ainsi de suite. Inutile d'insister ici sur ce qu'il y a d'infiniment improbable dans cet allongement et d'absurde dans cette prétendue transmission. Si nous avons parlé de cette hypothèse, c'est afin de ne rien omettre.

Puisque donc la masse des terrains n'a pu s'allonger ainsi, elle est restée invariable: c'est ce qu'indique le bon sens. Dès-lors, la compensation des vides diaclivaires demande un retrait général de l'étoffe des masses. Nous aurions pu admettre cette idée d'emblée comme déjà proposée en géologie, si nous ne tenions à y arriver, non pas comme à une simple hypothèse, mais par l'élimination de toute autre solution, comme à une nécessité.

Cette notion du retrait et cette nécessité de le prendre en considération ainsi mise en évidence, discutons maintenant les causes que l'on peut se proposer comme explication du réseau diaclivaire. Nous n'en connaissons que six : 1° Les trépidations séismiques. — 2° Les grandes dislocations orographiques. — 3° La compression des masses les unes sur les autres. — 4° La cristallisation. — 5° Le retrait par exondation superficielle. — 6° Le retrait par action de la température interne.

1° Les trépidations séismiques, qui n'ont pas détruit l'horizontalité, ne peuvent être la cause des diaclives, parce qu'elles n'expliquent ni la somme des vides diaclivaires, ni l'accidentation des parois par traction opposée, ni la généralité et l'uniformité du réseau, ni sa succession de bas en haut par étages.

2° Les grandes dislocations orographiques, qui ont incliné les massifs, ne peuvent être la cause des diaclives par toutes les mêmes raisons précédentes, et parce que, en outre, la disposition des places diaclivaires n'est en aucun rapport avec les inclinaisons des couches redressées qu'elles traversent perpendiculairement aux épiclives, quel que soit l'angle de celles-ci à l'horizon.

3° La compression des masses les unes sur les autres ne peut être la cause des



diaclives, parce qu'elle n'explique ni la somme des vides diaclivaires, qu'elle a très-souvent, au contraire, tendu à combler, ni la régularité des diaclives, ni leur présence aussi bien dans les massifs supérieurs moins comprimés, que dans les inférieurs plus comprimés.

4° La cristallisation, telle que nous la connaissons, ne peut être la cause des diaclives, parce qu'elle agit sur les trois dimensions d'une étoffe, tandis que la cause des diaclives ne s'est exercée que sur deux, selon des plans à peu près verticaux et rectangulaires; parce que, en outre, au lieu de traverser une succession de couches de compositions hétérogènes, interrompues par la solution épiclivaire, elle aurait exercé son action plutôt dans chaque couche homogène, au sein desquelles la cristallisation a en effet donné naissance à une foule de produits ordinaires, qui ne participent jamais à deux couches consécutives; du reste, elle n'expliquerait pas non plus à elle seule la somme des vides diaclivaires.

5° Le retrait, après exondation superficielle des terrains suivie d'évaporation au contact atmosphérique, ne peut être la cause des diaclives, parce que celles-ci ont pris naissance de bas en haut et par étages; parce que, en outre, le genre de retrait dont nous parlons et qui a eu lieu, produit des résultats tout différents, que nous examinerons ailleurs, résultats parmi lesquels nous pouvons signaler, en attendant, non seulement l'irrégularité, la moindre multiplicité des fissures, mais leur ampleur tellement supérieure à celle des diaclives, qu'elles donnent naissance à de véritables vallées; enfin nous avons déjà vu que le réseau diaclivaire devait déjà exister avant l'exondation des terrains.

6° Reste donc uniquement, pour expliquer les diaclives, le retrait par l'action de la température interne et procédant de bas en haut. Il explique la source des vides diaclivaires, l'état des parois, la généralité du réseau, la succession par étages à mesure l'équilibration des températures, l'action de la cause dans les deux sens libres, le troisième étant empêché par la pression des masses; il ne se heurte à aucune difficulté à nous connue et née de l'observation des faits.

En arrivant ainsi à admettre, comme cause de diaclive, le retrait dû à la température intérieure et procédant de bas en haut par étages plus ou moins distincts, ce n'est pas une théorie que nous prétendons établir, c'est un mode d'interprétation

auquel nous sommes conduits forcément par l'absence de tout autre. Cela signifie-t-il que la nature physique du phénomène nous soit connue, que nous prétendions l'élucider, en rendre compte? Non, assurément. Il y a là un problème de *paléophysique et de paléochimie* fort au-dessus de nos forces. Nous voyons dans la nature actuelle se produire sous nos yeux des phénomènes de retrait plus ou moins réguliers, plus ou moins analogues à celui des diaclives, mais, à ma connaissance du moins, nulle part identique; c'est que nulle part non plus il ne nous est donné d'observer des conditions pareilles. Rien de plus commun en *géogénie* que des procédés qui nous paraissent n'avoir plus leurs semblables en ce moment.

Ainsi, en attendant mieux, voici comment nous nous représentons la naissance des diaclives. A mesure qu'un système de couches succédait à un autre, et, le recouvrant de son manteau plus ou moins puissant, le dérobait à l'action des phénomènes superficiels, le premier étage inférieur devait, aussi lentement qu'on voudra le supposer, voir augmenter sa température et tendre à réduction de volume, par évaporation aqueuse et aussi peut-être par passage à l'état solide de plusieurs de ses éléments fluides. Dès-lors commençait l'action du retrait dans une mesure relativement faible, nécessairement limitée par suite de la couverture hermétique supérieure, plus ou moins régulière par suite des conditions d'homogénéité et s'exerçant dans les deux sens horizontaux, les seuls où elle était libre de se produire par des solutions de continuité; le phénomène ayant lieu sous une température croissant en raison directe de l'augmentation de puissance des massifs recouvrants, mais ne pouvant cependant être fort élevée, et le tout enfin se passant durant un état pélomorphique peu diminué par la petite quantité possible d'évaporation, et sans atteindre nulle part la solidification lithomorphique de l'étoffe [1].

Quelque opinion que l'on conçoive de cette explication, et si même on en repoussait tel ou tel détail dont nous ferions bon marché, nous n'en avons pas moins été forcément conduit par les faits à admettre qu'il *y a dans la naissance du réseau diaclivaire un phénomène de retrait, procédant successivement et par étages du bas en haut dans des masses pélomorphiques*. C'est ce que les sections suivantes de ce chapitre vont confirmer de mille manières dans les détails.

1. Nous verrons ailleurs que la production des fissures de retrait n'exige nullement l'anhydration totale : c'est, du reste, ce qu'on peut constater journellement dans les plages vaseuses exondées se divisant par retrait.



n) Réserves. Tout ce qui précède relativement aux diaclives, est encore incomplet et ne pourra être complété qu'après l'examen que nous allons faire dans la section suivante de l'accidentation plastique des parois diaclivaires. C'est seulement alors que nous pourrons nous expliquer l'origine du contraste que nous avons signalé entre les deux directions, que nous avons appelées première et seconde principales, puis les causes d'un aspect de régularité peut-être plus apparent que réel dans tout le réseau diaclivaire (§ 37). Jusque-là nous prions le lecteur de suspendre son jugement et de s'abstenir d'une constatation de faits, auxquels il manque encore des caractères essentiels que notre marche méthodique ne nous a pas encore permis d'envisager. Avant d'avoir saisi tout l'ensemble de ces faits, tout essai de vérification sur le terrain risquerait d'échouer.

CHAPITRE III.

EXAMEN DÉTAILLÉ DES FAITS DE PLASTICITÉ PÉLOMORPHIQUE, OU DES PÉLOMORPHOSES.

§ 16. *Observations préliminaires.*

Après nous être, dans les sections précédentes, en quelque sorte mis en présence de l'étoffe originaire de nos roches et de leurs grands traits de structure, nous allons essayer de toucher du doigt les faits de plasticité qui y révèlent à la fois l'état pélomorphique et les mouvements relatifs des masses.

A cet effet, nous supposerons de nouveau l'observateur placé au milieu des circonstances stratigraphiques les plus favorables à ce genre d'examen, c'est-à-dire sur quelque point d'un terrain où la structure interne est fraîchement découverte : ainsi nécessairement dans une tranchée artificielle ou une carrière.

Nous choisirons les calcaires les plus purement vaseux que possible, tels qu'en offrent abondamment les terrains jurassiques supérieurs, d'étoffe homogène, plus ou moins lithographiques, à cassure lisse et large, parce que, comme nous l'avons déjà remarqué, c'est dans ce cas que toutes les pélomorphoses se formulent avec le plus de netteté. Une fois les faits observés dans ces conditions, on les retrouvera aisément au milieu de variétés lithologiques moins favorables et où l'initiative de ce genre d'observations aurait été plus difficile.

Nous éviterons également de commencer notre étude dans des abrupts naturels, dont les surfaces, depuis longtemps découvertes, ont été altérées par la décomposition atmosphérique, laquelle, bien que révélant certains faits, a particulièrement effacé les détails de plastique pélomorphique.

Cependant, comme, même dans les cas les plus abordables à nos recherches, l'altération météorique existe plus ou moins, nous devons en dire un mot ici avant d'entrer en matière. Rappelons donc que cette altération a essentiellement procédé par la

décomposition relativement plus rapide de l'étoffe pélomorphique, dont elle a ainsi enlevé une couche superficielle en laissant d'ordinaire en relief les éléments lithomorphiques empâtés plus lentement attaqués, tels que produits cristallins, oolites, fossiles, graviers, galets, etc. De façon que, fort souvent, l'inspection des surfaces naturelles météoriquement altérées révèle la disposition de ces corps au sein de la roche, la quantité probable de portion solide disparue, etc. Rappelons, en outre, que l'altération météorique s'étant parfois exercée inégalement sur divers éléments de l'étoffe pélomorphique elle-même, par exemple, davantage sur les lits terreux que sur les bancs compactes, met souvent en évidence des faits de succession de dépôt, ou autrement de sédimentation, inobservables d'ailleurs, etc. Il y aurait là une féconde source de réflexions que nous ne faisons qu'indiquer, afin de ne pas nous écarter de notre sujet spécial. Du reste, nous avons déjà dit un mot plus haut de la fissuration et du morcellement météorique, et nous n'en reparlerons pas ici.

§ 17. *Coup-d'œil à priori.*

Si, dans des masses pélomorphiques stratifiées, nous supposons la formation d'une diaclive par retrait, les parois de celle-ci, bien que planes dans l'ensemble, seront nécessairement, dans le détail, terminées par des reliefs plastiques analogues à ceux que nous pouvons produire en déchirant, par tractions opposées, quelque minéral de consistance ductile et pâteuse, et ces reliefs pourront varier de forme selon le degré d'hydration de l'étoffe.

Si, cela fait, et toujours durant l'état pélomorphique, une cause quelconque vient à reporter ces parois au contact, il pourra arriver trois choses : 1° ou bien elles aplaniront mutuellement leurs reliefs pour produire une surface plus ou moins ondulée mais lisse ; — 2° ou bien, à la faveur d'une petite quantité de mouvement relatif, elles viendront se frotter, et dès-lors elles se planeront mutuellement, soit à surface simplement unie, soit à surface rayée, striée, cannelée, s'il existe dans les reliefs des points résistants ou de dureté relative différente; — 3° ou bien, si la force qui rapproche les deux massifs est suffisamment puissante, leur degré d'hydration de nature à permettre une réduction de volume par refoulement dans les parties superficielles, enfin leurs surfaces pourvues de portions d'inégale dureté et résistance, il pourra arriver que les par-

ties les plus dures de chaque paroi pénètreront mutuellement et plus ou moins profondément les parties les plus molles opposées en se cannelant réciproquement, comme cela arrive à une pâte ductile dont on force la sortie par un orifice polygonal.

En outre, si deux parois pélomorphiques, après avoir été rapprochées au contact, viennent à être éloignées de nouveau, il se produira à la superficie le genre d'aspérités que nous voyons naître dans le décollement de deux corps agglutinés.

Ensuite, si une masse pélomorphique, divisée par le réseau diaclivaire de retrait, à vides plus ou moins béants, se trouve, par suite d'une commotion dont la résultante soit une poussée latérale, projetée en totalité et sans sortir de l'horizontal dans une direction déterminée (ne fût-ce que durant un instant infiniment petit, et sauf à reprendre sa position originaire, comme le fait une substance gélatineuse ébranlée et oscillant sur sa base), les parois de toutes les diaclives vides situées dans des plans perpendiculaires à la direction de la poussée tendront à se rapprocher ou se rapprocheront en effet au contact, transmettant de gerbe en gerbe le mouvement de translation; et, après consommation de celui-ci, c'est-à-dire après retour à la situation primitive des masses, ces parois, remises ou non en contact, auront mutuellement fait disparaître de leurs surfaces les aspérités primitives de retrait qui (aussi petit qu'ait été le mouvement relatif dans le sens des plans) y auront été remplacées par un aplanissement plus ou moins parfait; les masses elles-mêmes auront ou pourront avoir éprouvé dans ce sens une réduction de volume par compression avec transsudation de liquides dans les vides diaclivaires diminués jusqu'à nullité possible. — Tandis que tous ces résultats se feront remarquer dans les plans diaclivaires perpendiculaires à la direction de la poussée, il ne se sera rien produit de pareil dans les plans diaclivaires parallèles à cette direction qui auront conservé leurs caractères plastiques originaires et ne seront généralement ni frottés, ni planés, à moins, tout au plus que, par suite de la compression et, partant, de l'extension des masses en sens opposé, leurs parois n'aient éprouvé un rapprochement jusqu'à réengrenage des aspérités plastiques, recollement ou aplanissement imparfait et accidentel.

Après cela, si, indépendamment de l'hypothèse précédente, avec ou sans les résultats de sa réalisation, un système pélomorphique diaclivé vient à éprouver un déplacement tendant à lui faire prendre une position inclinée à l'horizon, il pourra se faire

que certaines couches, les moins adhérentes entre elles par le lit épiclivaire, glissent sur celui-ci d'une quantité aussi petite que l'on voudra en aplanissant mutuellement les aspérités de l'épi- et de l'hypoclive et en y dessinant des cannelures courant comme la nouvelle plongée; dans ce mouvement, il peut arriver que des diaclives, situées perpendiculairement à celle-ci, se referment à contact, non pas précisément en se planant (puisqu'il y a défaut de mouvement relatif dans le sens du plan), mais en effaçant cependant leurs aspérités plastiques et y substituant des surfaces lisses plus ou moins ondulées; il peut se faire en même temps que, si une gerbe éprouve ce mouvement de glissement d'une quantité différente de celui des gerbes adjacentes, les parois diaclivaires latérales qui l'en séparent et qui sont situées dans des plans parallèles à celui de la plongée, pour peu qu'il y ait contact entre elles, aplanissent mutuellement leurs aspérités et les transforment en cannelures plastiques courant parallèlement à celles de l'épiclive.

Si, en outre, et toujours indépendamment de tous les résultats précédents, avec ou sans eux, des masses pélomorphiques diaclivées éprouvent une puissante compression, celle-ci tendra à en réduire le volume par transsudation des liquides vers les vides diaclivaires, à faire fléchir les gerbes et gerbules, à en froisser verticalement les parois, à produire des ruptures, etc.

Si, de même, des commotions et déplacements sont appliqués à des masses pélomorphiques diaclivées, non seulement les parois diaclivaires et épiclivaires pourront être froissées de diverses manières, mais il pourra se former à l'intérieur toutes sortes de fissures pélomorphiques anormes offrant dans leurs parois, sauf l'élément de régularité, tous les genres d'accidentation plastique signalés plus haut.

Enfin, si toutes ces causes et modes de perturbation que nous venons de parcourir, ou plusieurs d'entre eux, viennent à être appliqués simultanément ou successivement à des massifs pélomorphiques diaclivés, il devra en résulter une combinaison complexe de tous les genres de résultats auxquels chacun peut donner lieu en particulier, les suivants modifiant ou effaçant souvent les précédents.

Dans tous ces cas, s'il n'y a pas perturbation des résultats avant consolidation, et si le degré d'hydration de l'étoffe permet le maintien des formes produites, celles-ci se retrouveront fidèlement à l'état pierreux et rigide dans la roche finalement solidifiée.

C'est évidemment ce qui est arrivé dans tous les terrains sédimentaires. Les divers cas ci-dessus sont entièrement habituels dans les diverses roches jurassiques, où ils se montrent de toutes parts. Nous n'avons, du reste, avancé ce qui précède que pour diriger l'esprit du lecteur, et nous allons arriver aux résultats par l'observation directe des faits.

Supposons donc que l'on visite une carrière ouverte dans quelque division jurassique supérieure, à pâte fine et à cassure lisse, par exemple, dans les calcaires astartiens. Si l'on s'y approche de quelque diaclive principale vide et découverte sur une étendue convenable, on la trouve, soit tapissée de diverses sortes de reliefs à forme évidemment constante, soit planée et cannelée de plusieurs façons. On trouve également les surfaces épiclivaires accidentées de différents reliefs ou dépressions également constants et caractéristiques. Ce sont ces diverses manières d'être plastiques des parois diaclivaires et épiclivaires que nous allons successivement examiner, en les prenant, non pas précisément dans leur ordre d'importance, mais dans celui où d'ordinaire (du moins dans le Jura) elles frappent le plus souvent l'observateur.

§ 18. *Des pélomorphoses dans les parois diaclivaires par fissures de retrait ou des thlasmes.* (Fig. 11.)

a) Leur description. Lors donc que l'on s'approche de la paroi d'une diaclive vide et bien caractérisée, on la trouve ou grossièrement ondulée et lisse, ce qui est le cas le moins fréquent, ou bien comme planée, ce qui est commun et que nous examinerons plus tard, ou bien pourvue d'aspérités crépues, que nous expliquerons aussi, ou bien enfin, et très-habituellement, lorsqu'elle n'est pas planée, hérissée d'esquilles, qui rappellent immédiatement celles qui se montrent à la superficie d'une pièce de bois à l'endroit où elle a été grossièrement sciée ou brisée contrairement à sa fibre : c'est par ces dernières que nous allons commencer.

Ce sont des esquilles perpendiculaires au plan général de la paroi, partant parallèles entre elles, d'aspect xyloïde, comme l'est la cassure d'une masse argileuse médiocrement humide ; ce sont comme des arrachures, des étirements de l'étoffe produites par une traction, résultant d'une séparation opérée de force. Variables de dimension d'une paroi à une autre depuis un centimètre au plus jusqu'à une longueur microsco-



pique, elles se montrent ordinairement assez uniformes dans la même paroi et d'une grandeur moyenne, oscillant entre un et trois millimètres. Les extrémités des esquilles, examinées attentivement, présentent fréquemment une flexion légère vers le bas (accidentellement dans une autre direction), comme si la substance pélomorphique avait fléchi sous son propre poids, ce qui, en outre, n'aurait pas permis à celles-ci de dépasser une certaine longueur. Du reste, leur substance fait corps parfaitement continu avec l'étoffe même de la roche, dont elles ne sont qu'un mode de délimitation superficielle. Une teinte propre, le plus souvent légère, assez souvent aussi totalement nulle, parfois plus puissante, en recouvre la surface d'un enduit souvent ocracé et qui rappelle l'enduit épiclivaire; mais il est ordinairement beaucoup plus mince et d'épaisseur à peine saisissable à l'œil dans les cassures. — Nous appellerons *thlasmes*[1] ces sortes d'aspérités, et nous dirons dès-lors qu'une paroi, qui en est tapissée, est *thlasmée*. La fig. 11 représente la coupe de deux parois opposées, pourvues de leurs thlasmes.

A une paroi diaclivaire thlasmée correspond constamment, et de l'autre côté du vide diaclivaire, une paroi thlasmée de la même manière, mais symétriquement, c'est-à-dire que les reliefs de l'une s'engrènent dans les cavités de l'autre.

Si, dans l'état pélomorphique que met à découvert une paroi thlasmée, se trouve un corps originairement lithomorphe, tel qu'un groupement cristallin, par exemple, *celui-ci se montre engagé dans les esquilles du thlasme sans en avoir éprouvé les accidents plastiques,* c'est-à-dire qu'il se montre soit entier, soit brisé. — *Souvent aussi* l'une des parties de ce corps se présente sur l'une des parois, et l'autre sur la paroi opposée dans la position symétrique, de façon qu'on voit qu'*il a été partagé par la diaclive;* c'est ainsi le cas pour certains fossiles, dont la spathisation intérieure rend les reliefs lithomorphes plus observables, comme les nérinées : on trouve l'une des moitiés de la coquille d'un côté de la fissure, l'autre moitié de l'autre côté.

b) Leur origine. Les thlasmes ne sont donc évidemment autre chose que l'accidentation plastique d'une fissure opérée dans la masse pélomorphique. Il n'est pas besoin, du reste, d'un long examen pour le reconnaître; on en jugera ainsi au premier coup d'œil.

1. De θλάω, frango.

adhérence et non défoncement et pénétration mutuelle des étoffes, fait qui donne lieu à des caractères particuliers, que nous examinerons bientôt.

§ 22. *De l'adhérence des surfaces épi- et hypoclivaires ou des syncollèmes épiclivaires.* (Fig. 22.)

Lorsqu'on détache une couche compacte de dessus la couche sous-jacente, souvent leurs épiclive et hypoclive, légèrement séparées ou non par quelque enduit ou lit très-mince, se montrent complètement indépendantes et disjointes, de façon que l'épiclive n'emporte rien de l'étoffe de l'hypoclive, ou réciproquement.

Mais infiniment plus souvent, en réalité, lorsqu'il y a contact entre ces deux genres de parois, il y a aussi adhérence étroite : de là même, la solidité des couches divisibles en plusieurs lits par des plans épiclivaires. Les *syncollèmes épiclivaires* sont donc un fait non pas exceptionnel, mais normal, puisqu'au fond les divisions épiclivaires principales ne sont qu'une exception.

L'adhérence par syncollème d'une multitude de surfaces épi- et hypoclivaires est donc, dans la règle, très-forte, et c'est parce qu'il en est ainsi qu'il s'est formé ce qu'on appelle des couches puissantes et compactes, difficiles ou impossibles à subdiviser, selon leurs lits naturels secondaires.

Néanmoins, entre la disjonction plus ou moins parfaite de certaines couches et l'adhérence, maximum de certaines autres, il y a bien des intermédiaires, et ce sont ceux-ci qui éveillent le plus l'attention, parce que, après séparation de deux lits, on remarque souvent, dans la surface épiclivaire découverte, des portions du lit supérieur demeurées incrustées, et montrant à l'observateur leur étoffe mise à nu par les cassures.

Cette séparation des couches dans le sens épiclivaire peut avoir eu lieu, soit artificiellement dans les carrières, soit naturellement dans les ablations orographiques. — Dans le premier cas les *esquilles syncollèmes* épiclivaires se montrent donc engagées dans les cavités de l'épiclive, en présentant à l'observateur leur étoffe par une cassure sèche. — Dans le second cas, elles sont incrustées de la même manière, mais en présentant au dehors des ruptures plastiques, appartenant à l'une ou l'autre des accidentations déjà décrites ci-dessus.

que les esquilles longues n'ont pu se supporter elles-mêmes ; en revanche, on a souvent des esquilles d'une extrême ténuité, de façon que la superficie du thlasme n'offre guère que l'aspect pulvérulent. En outre, en général, *les aspérités des thlasmes sont d'autant plus puissantes, que la diaclive est plus étendue, plus soutenue, plus importante ;* elles vont en diminuant de grandeur comme les diaclives elles-mêmes, principales, secondaires et accessoires.

Les aspérités des thlasmes se montrent souvent rangées en lignes parallèles aux épiclives principales, et accusent ainsi la série des épiclives secondaires.

Souvent aussi, elles sont déjetées dans quelque direction prédominante, en s'allongeant et passant alors par différents intermédiaires à d'autres accidents plastiques, que nous examinerons plus loin.

On ne peut, en général, examiner un thlasme que découvert, c'est-à-dire, après dégagement du prisme, dont une des faces formait la paroi opposée. Lorsque le vide diaclivaire était grand, les thlasmes des deux parois ont pu demeurer intacts dans cette opération ; mais souvent le vide diaclivaire est très-petit et une partie des aspérités de l'une des parois sont en contact, en adhérence plus ou moins forte, avec les dépressions de l'autre ; parfois même la solution de continuité, produite par le retrait, n'ayant pas été totale, des esquilles sont demeurées communes à l'étoffe des deux parois et forment pont entre elles. Dès-lors l'enlèvement a pu détruire ces adhérences et briser des esquilles vers leur base, de façon que des portions d'aspérités de l'une des parois demeurent engagées dans des dépressions de l'autre, en montrant l'étoffe mise à découvert par une cassure sèche : c'est ce qui arrive souvent et rendrait peu intelligible certains thlasmes, si on n'y prenait pas garde. Mais ici il y a eu un recollement des parois, dont nous parlerons spécialement plus tard.

Tout ce qui précède suppose des vides diaclivaires non occupés par les cristallisations de l'époque pélomorphique. Or, le contraire est fréquent, habituel même dans plusieurs subdivisions jurassiques, où chaque vide est remplacé par une plaque spathique. Dans ce cas, les thlasmes sont plus difficiles à reconnaître ; néanmoins, si l'on enlève avec soin cette écorce cristalline, ce qui est souvent aisé, on y retrouvera habituellement les thlasmes que nous avons décrits, sauf les modifications que produit dans leur forme la diversité des étoffes pélomorphiques. *Plus l'étoffe est purement*

vaseuse, homogène et compacte lisse, *plus les thlasmes sont distincts,* si ce n'est dans les cas d'hydraulicité; *plus elle est hétérogène, chargée de corps lithomorphes, cristalline ou faiblement agrégée* (marnes, etc.), *et plus les thlasmes sont indistincts,* soit que le jaillissement des corps durs les modifiât trop, soit que l'incompacité de l'étoffe n'ait pas supporté la plastique des cassures.

Inutile d'ajouter que, du reste, ils sont parfois soit oblitérés par le suintement des eaux actuelles, soit encroûtés par les stalagmites modernes.

d) Thlasmes épiclivaires. Une dernière remarque, qui porte sur un fait général, c'est que les épiclives n'offrent jamais de thlasmes. Cela se conçoit, du reste, puisqu'entre deux couches il n'existe point de fissure de retrait dans le sens de leurs plans, et que les thlasmes sont essentiellement nés de la production d'une distance et de son maintien. Comme les épiclives offrent d'autres accidents plastiques communs aux diaclives, et afin de ne pas négliger une négation d'analogie, qui n'est pas moins importante qu'une affirmation, consignons ici la loi qu'*il n'y a point de thlasmes épiclivaires.*

§ 19. *Des pélomorphoses des parois diaclivaires et épiclivaires par rapprochement et frottement, ou des tripses* [1].

a) Leur description. Les parois diaclivaires principales ne sont pas toutes tapissées de thlasmes; on en voit, au contraire et en non moins grand nombre, qui sont sensiblement dépourvues d'aspérités, et offrant le même aspect que si elles avaient été plus ou moins bien lissées, soit par la compression sans mouvement, soit par le frottement de la paroi opposée, ou, pour nous servir d'un terme de gypseurs, comme si elles avaient été passées à la *taloche*. Les parois diaclivaires, ainsi accidentées, sont fort habituelles et fort étendues; dans les carrières elles servent le plus souvent de *routes* principales aux ouvriers; enfin leur manière d'être les fait remarquer d'un observateur en première ligne et même avant les parois diaclivaires thlasmées que nous venons d'étudier.

Les surfaces ainsi terminées sont, du reste, de deux espèces [2] principales. Les

1. De τρίψις, frottement.

2. Rigoureusement parlant et dans une nomenclature systématique complète, il faudrait distinguer par une dénomination particulière ces tripses, qui ne supposent que compression sans mouvement dans le sens du plan comprimé.

unes sont visiblement plutôt *ondulées* (fig. 12) qu'aplanies, et font naître l'idée d'un simple effet de contact sans mouvement relatif entre deux masses pélomorphiques; ce sont les moins fréquentes; en les suivant attentivement, on remarque qu'elles sont parfois interrompues par des espaces plus ou moins grands ou fréquents, occupés de thlasmes intacts ou à demi effacés. — Les autres sont évidemment *planées* (fig. 13) et font naître l'idée, non plus d'un simple effet de contact, mais d'un contact avec mouvement relatif, abattant toute inégalité, ou enfin d'un frottement plus ou moins puissant de deux masses pélomorphiques. Le plus souvent, dès-lors, elles offrent des rayures mousses, des cannelures plus ou moins légères (fig. 17); mais parfois aussi l'on n'y en voit aucune et elles se montrent unies sur des étendues plus ou moins grandes, et ce, de manière à produire une sorte de poli qui va parfois jusqu'au luisant et au miroitant.

Nous appellerons en général *tripses* ces surfaces modifiées par contact et frottement, qui jouent dans toutes nos roches un rôle non moins capital que les thlasmes; nous nommerons *tripses ondulés* ceux de la première espèce signalée tout-à-l'heure, et *tripses planés* ceux de la seconde; de même que nous avons dit qu'une paroi diaclivaire est thlasmée, nous dirons aussi qu'elle est *tripsée*.

A une paroi tripsée correspond toujours une paroi tripsée pareille, mais symétrique, quand bien même il y a vide diaclivaire ou remplissage de celui-ci.

D'ordinaire, dans les tripses pleins, les cannelures sont parallèles entre elles sur de grandes étendues, puis dans des positions diverses relativement aux épiclives, à la plongée, à l'horizon, etc., ce que nous verrons ailleurs; la longueur réelle d'une cannelure indique évidemment la quantité de mouvement relatif qui a eu lieu entre les deux parois; mais la mesure de cette longueur offre plus d'une difficulté.

Souvent, à l'intersection d'une paroi diaclivaire tripsée par la diaclive d'équerre, intersection qui montre la coupe de la première par un plan secant, on voit sur les bords des cordons ou *bavures de l'étoffe pélomorphique* (fig. 15), qui en indiquent le refoule-

C'est ce que nous aurions fait, si ce n'eût été notre répugnance à augmenter encore le nombre déjà si grand de mots nouveaux employés dans ce livre. Nous aurions pu les nommer thlipses, de θλῖψις, compression. On les distingue souvent avec facilité des tripses de frottement, et dans des cas où cette distinction serait utile, il y a des thlipses diaclivaires et des épiclivaires. Les premiers provenant d'un rapprochement par glissement latéral et nés d'une moindre compression, sont seulement ondulés (fig. 12); les seconds, dus à une compression verticale plus énergique, ont aplani l'enduit épiclivaire galénique (fig. 14), ou bien ils y ont fait des empreintes nettes, sans le déchirer.

ment, il arrive même qu'ils recouvrent et cachent parfois totalement la ligne d'intersection des deux diaclives entre elles.

Lorsque, dans l'étoffe terminée par une paroi tripsée, il s'est rencontré un corps lithomorphe, il n'a point perçu la configuration plastique de cette étoffe, il n'a point été tripsé comme toute la surface ambiante, mais imparfaitement nivelé par brisure et écrasement à la manière des corps durs.

Souvent, dans l'une des parois tripsées, on voit jaillir la moitié d'un de ces corps lithomorphes, comme un groupement cristallin ou un fossile, puis symétriquement, dans la paroi opposée, l'autre moitié.

Lorsqu'un corps de forme déterminée, tel qu'un fossile, se trouve engagé dans la partie de l'étoffe attenante à une paroi tripsée, on remarque souvent qu'il a éprouvé une déformation par compression dans le sens de celle qui a plané cette paroi.

Enfin, bien qu'entre deux parois diaclivaires tripsées, il y ait très-souvent un vide diaclivaire occupé ou non, *très-souvent aussi il y a entre elles un étroit contact* (fig. 16).

b) Leur origine. Si l'on réfléchit aux caractères énumérés ci-dessus, on ne peut douter un instant que les tripses ne soient le résultat du rapprochement au contact avec ou sans mouvement relatif des parois diaclivaires à l'état pélomorphique. Or, ceci suppose évidemment une diaclive préexistante avec ses parois thlasmées. *Ainsi, les tripses diaclivaires ne sont autre chose que l'accidentation plastique, résultant du rapprochement et du froissement mutuel des parois diaclivaires originairement thlasmées, et chez lesquelles les thlasmes ont été effacés et remplacés par un lissage ondulé, plane ou cannelé.*

c) Accidents intermédiaires. Aussi voit-on fréquemment des cas où le dessin des thlasmes n'a été qu'à demi modifié; les esquilles ont été déjetées, aplaties et étirées dans un sens déterminé, de façon qu'il en résulte un état intermédiaire qui participe des thlasmes par le caractère des esquilles, et des tripses par la prédominance de l'aplanissement; cela a eu lieu, lorsqu'il y a eu frottement sans compression suffisante, et sans contact parfait des étoffes. De là ce que l'on pourrait, si l'on veut, appeler des thlasmo-tripses.

d) Remarques complémentaires. On peut, du reste, appliquer aux tripses diaclivaires, quant à leur condition de présence ou de perfection, tout ce que nous avons dit des thlasmes au paragraphe précédent (*c.*, dernier alinéa).



e) Des tripses épiclivaires. Une différence capitale, qui existe entre les tripses et les thlasmes, c'est que les premiers n'accidentent pas seulement les parois diaclivaires, mais encore très-souvent les épiclives (et partant les hypoclives). Bien que deux assises consécutives, dans les mouvements des masses, n'aient guère pu être détachées et maintenues à distance, selon les plans épi- et hypoclivaires de contact, de manière à produire des thlasmes, ces assises ont, cependant, en un grand nombre de cas, pu subir une petite quantité de déplacement relatif, en glissant l'une sur l'autre à frottement, et, par conséquent, en se tripsant mutuellement. (Fig. 18.)

Si l'on se représente la surface de contact de deux couches ainsi superposées, on comprendra qu'en général elle n'était pas réellement plane, mais qu'elle offrait un relief plus ou moins ondulé, dont les inégalités s'emboîtaient symétriquement. En donnant un mouvement de glissement à l'une des assises par rapport à l'autre, les reliefs de l'épiclive ont tendu à raser ceux de l'hypoclive; l'étoffe refoulée comblant plus ou moins complètement les vides survenus, selon la quantité de translation, l'aspérité des surfaces, l'hydration de la pâte, etc. De là, comme résultat, sur chaque plan de contact, l'épiclive par exemple, tous les intermédiaires qu'on peut se représenter entre une surface, dont les reliefs ondulés sont seulement écorchés çà et là, et une superficie plane, luisante même : intermédiaires comprenant comme norme moyenne une surface planée à tripses cannelés parallèles, plus ou moins interrompus.

Rien de plus commun que ces tripses épiclivaires sur une très-grande échelle dans les terrains jurassiques à couches inclinées, dans les grandes dislocations du Jura. Les observateurs jurassiens les ont indiqués çà et là comme un fait accidentel; ils constituent, au contraire, un fait général des plus importants en orographie.

Les tripses épiclivaires diffèrent, du reste, des tripses diaclivaires par un caractère presque constamment observable. Les parois diaclivaires ne sont revêtues que d'un enduit rare et mince, et leurs tripses sont à peu près purs de l'immixtion de cet enduit. Au contraire, les épiclives étant presque constamment recouvertes d'un enduit beaucoup mieux accusé de nature, d'aspect, de couleur différente de ceux de l'étoffe pélomorphique, il est rare que cet enduit ait été totalement détruit par le frottement; presque toujours, au contraire, il est resté, par lambeaux lacérés, tripsé avec l'ensemble de la superficie et la bigarrant de taches ordinairement ocracées. De façon,

enfin, que, dans des échantillons isolés, on distingue aisément un tripse épiclivaire d'un diaclivaire. Indépendamment de cela, la compression qui, toutes choses égales, devait être plus grande entre deux assises verticalement superposées qu'entre deux gerbes latéralement poussées, a déterminé encore d'autres caractères, dont nous parlerons plus loin.

En résumé, *les tripses épiclivaires ne sont autre chose que l'accidentation plastique des surfaces épiclivaires par glissement relatif des couches pélomorphiques superposées.*

Insistons sur cette remarque, qu'*il y a donc des tripses épiclivaires et des diaclivaires, tandis que les thlasmes sont essentiellement diaclivaires.*

f) Tripses des fissures anormales ou cavaliers. Enfin, terminons en ajoutant qu'*outre les tripses diaclivaires et épiclivaires habituels*, et qu'on pourrait qualifier de réguliers, *il y en a aussi et fréquemment qui accidentent les fissures pélomorphiques anormales*, et qui sont même très-puissamment caractérisés.

§ 20. *Des pélomorphoses des parois diaclivaires par décollement, ou des xécollèmes*[1].

a) Leur description. Les diaclives tripsées, à côté de leurs parties planées, montrent souvent, et sur de grandes étendues, des reliefs particuliers qui attirent tout d'abord l'attention de l'observateur et dont nous aurions dû, à cause de cela, traiter en premier lieu, si leur interprétation n'exigeait pas ce qui précède. Ce sont des reliefs analogues aux thlasmes, mais ordinairement plus saillants, moins serrés, plus frappants, qui donnent à la paroi diaclivaire un aspect général, non plus esquilleux, mais en quelque sorte chenillé, vermiculé, crépu et labyrinthiforme. C'est un autre croisement irrégulier de dépressions à profil concave, arrondi, séparées les unes des autres par des crêtes le plus souvent tranchantes, dont la section offre deux courbes adossées du côté de leur convexité et tangentes au sommet qui correspond à l'extrémité de la crête. Ces crêtes forment comme un plexus topographique de *chaînes* inégales en hauteur et interceptant des *vallécules* le plus souvent fermées, d'autres fois correspondant entre elles par quelque *col*. Ces aspérités tapissent fréquemment de vastes surfaces diaclivaires. Du reste, *à une paroi ainsi accidentée correspond toujours symétriquement une paroi accidentée de la même manière.* (Fig. 19.)

1. De ξεκόλλημα, décollement.

Si l'on parcourt avec soin une série des chaînes qui composent ainsi le plexus de ces reliefs, on constate bientôt que le feuillet mince qui en forme les crêtes, bien qu'habituellement perpendiculaire à la paroi, est très-souvent aussi plus ou moins plié et recourbé vers le bas comme une substance originairement molle, qui a cédé à son propre poids. En examinant leur cassure transversale, on s'y convainc d'abord que l'étoffe est en continuité parfaite avec celle de la masse rocheuse qu'ils tapissent, et qu'en outre l'altération de leur surface, consistant en une teinte fort légère (lorsqu'elle n'est pas entièrement nulle), ne s'étend à l'étoffe que d'une quantité à peine appréciable à l'œil. Lorsque les parois d'une diaclive en sont tapissées, le vide diaclivaire est presque constamment d'une longueur relativement plus grande que cela n'a lieu dans le cas des parois tripsées ou thlasmées. Sauf des cas particuliers à l'intersection commune des trois faces d'une gerbe, où il existe parfois d'assez grandes vacuités qui montrent de petites portions de surfaces hypoclivaires tapissées de crêtes, on peut dire que ce genre d'accident plastique est étranger aux épiclives. Ce que nous avons dit de l'émergence des corps lithomorphes à l'état brisé sec entre des esquilles des thlasmes, se passe de la même manière ici au milieu des vallécules. Enfin, on voit aussi parfois les crêtes rangées horizontalement, selon des épiclives secondaires, etc. Nous nommons *xécollèmes* les reliefs que nous venons de décrire.

b) Leur origine. Si l'on a saisi la description qui précède et si l'on se fait une image exacte des formes plastiques, dont nous avons cherché à donner l'idée, ce qui ne laisse pas d'être difficile, on comprendra que les reliefs dont il s'agit sont entièrement semblables à ceux qu'on obtiendrait au moyen de deux masses d'étoffe pélomorphique suffisamment imbibée, déliée et collante, que l'on rapprocherait d'abord au contact, puis que l'on séparerait violemment par deux tractions de sens contraire, à peu près perpendiculaires au plan de rapprochement. La simple vue de parois tapissées de xécollèmes éveille, à cet égard et immédiatement, une conviction que ne peut malheureusement produire aucune description; on peut, du reste, y suppléer très-bien par des échantillons isolés, empruntés à la roche.

Nous pensons donc que les xécollèmes sont nés de la séparation des parois diaclivaires après contact et par disjonction. Nous avons déjà vu que ce rapprochement a habituellement eu lieu et donné naissance aux tripses; mais, à cette adhérence mo-

mentanée (et probablement instantanée), a fréquemment succédé un retour des gerbes à leur position originaire ; ce retour, dans certains cas d'hydration, de viscosité et d'adhérence insuffisante, secondées d'un mouvement de séparation oblique aux plans des parois, a pu se faire sans produire à leur surface de nouveaux accidents plastiques, et dès-lors elles sont demeurées simplement tripsées ; mais dans le cas, au contraire, d'adhérence, d'hydration et de viscosité de l'étoffe, à un certain degré secondées d'un mouvement de détachement plus normal aux parois, il y a dû nécessairement avoir décollement et arrachures, comme noûs en voyons se former dans les cas analogues par la séparation forcée des surfaces agglutinées. Ces arrachures de décollement sont les xécollèmes. Donc, pour nous, *les xécollèmes sont l'accidentation plastique des parois diaclivaires par décollement pélomorphique, après rapprochement.*

Les carriers envisagent les xécollèmes comme dus à l'action des eaux actuelles ruisselant le long des parois rocheuses solides, et nous avons entendu plus d'un géologue les interpréter ainsi, sans y attacher autrement d'importance. Il suffit d'avoir examiné sérieusement une paroi de ce genre pour se convaincre que cette opinion est inadmissible. Soit que les eaux agissent sur une roche à l'état pélomorphique, soit qu'elles s'exercent sur une roche consolidée et dure, elles ne produisent rien de semblable. Elles ne sauraient donner lieu, ni à des arêtes aiguës, ni à des vallécules fermées, ni à des crêtes recourbées dans le sens du poids de l'étoffe, etc. Au contraire, elles arrondissent toutes les formes le long desquelles elles coulent, ce qui se voit souvent sur les xécollèmes eux-mêmes. — On pourrait aussi supposer, de la part des eaux et autres agents météoriques, un effet de décomposition inégale vers les parties diversement attaquables de la roche, décomposition produisant les creux et les reliefs des xécollèmes, comme cela se voit en effet dans certaines roches littorales vermiculées par le flot ; mais on reconnaît aisément que leurs inégalités traversent, sans aucun égard, toutes les modifications de composition et de dureté de l'étoffe, etc. — Au reste, après ce qui précède et ce qui va suivre, notre interprétation des xécollèmes est si naturelle, qu'il nous paraît oiseux d'insister sur la réfutation d'opinions légèrement préconçues en dehors de l'examen des faits.

c) Xécollèmes épiclivaires. Les xécollèmes sont, comme les thlasmes, essentiellement diaclivaires et de grande échelle. On conçoit qu'ils n'ont pu naître dans les

conditions décrites ci-dessus entre une épiclive et l'hypoclive surjacente, puisque les plans de celles-ci ne sauraient avoir été reportés à distance, parallèlement à elles-mêmes, après contact. Cependant, on rencontre çà et là des cas où cela a eu lieu, mais très en petit. Lorsque deux couches glissaient l'une sur l'autre, la supérieure basculant légèrement après une inégalité de l'inférieure qu'elle dépassait, pouvait laisser un vide au-dessus, et partant des arrachures xécollèmes. C'est, en effet, ce que l'on observe quelquefois sur des épiclives médiocrement inclinées. L'hypoclive supérieure en a enlevé des portions circonscrites par la disparition de l'enduit épiclivaire et la mise à nu de l'étoffe portant de petites zones crêtées, qui sont de véritables xécollèmes. La fig. 20 n'en donne qu'une idée imparfaite, qu'il est difficile de compléter par une description. Heureusement, ce genre de faits n'est rien moins qu'habituel.

§ 21. *Des parois diaclivaires adhérentes par maintien de leur rapprochement avec réagglutination, et de leurs accidents plastiques mutuellement réengagés, ou des syncollèmes*[1] *diaclivaires*. (Fig. 21).

On conçoit, par ce qui précède, qu'il ne saurait y avoir aussi souvent frottement et décollement des parois après adhérence momentanée, soit qu'il se soit présenté des cas où cette dernière ait persisté et fermé ainsi plus ou moins hermétiquement les diaclives; c'est, en effet, ce qui a eu lieu fréquemment. Les parois diaclivaires sont demeurées soit étroitement réengagées dans les aspérités les unes des autres, soit agglutinées selon des faces plus planées, sans laisser d'intervalle assez prédominant quant à la quantité superficielle, pour qu'il y ait eu solution de continuité nettement accusée dans les masses.

Il faut bien distinguer. Ces diaclives, ainsi ressoudées, l'ont été par les accidents de l'étoffe même des parois et non par un remplissage de leur vide, provenant d'une nouvelle sédimentation : cela n'a jamais eu lieu. On ne les confondra pas non plus avec les diaclives qui ont réellement laissé un intervalle, occupé plus tard par le développement de quelque substance lithomorphe, telle que les calcaires spathiques. Entre les parois, les diaclives dont nous parlons, la quantité de surface adhérente l'a emporté

1. De συγκολλάω, j'agglutine.

sur celle des superficies maintenues à distance, de manière à reconstituer un tout généralement solide.

On conçoit, du reste, que les accidents plastiques, dès-lors internes, qui se trouvent à la juxta-position des parois, ne sauraient être autres que ceux que nous avons déjà décrits comme tapissant les parois libres, avec cette différence, cependant, qu'ils sont mutuellement et étroitement engagés de manière à maintenir unies des surfaces ailleurs séparées.

Ainsi, en général, de semblables diaclives ne sauraient se présenter à l'observateur sous la forme de disjonction dans les massifs; mais on conçoit qu'elles n'en sont pas moins un élément essentiel du réseau diaclivaire. Souvent elles n'émergent nullement, ou par aucun signe, à la surface des diaclives d'équerre, déguisées qu'elles sont encore par le refoulement des tripses. Souvent aussi, cependant, elles affleurent par une frange esquilleuse plus ou moins prononcée et même par une bavure crêtée, qui se dresse en traversant les thlasmes ou les xécollèmes de la paroi rectangulaire. Mais, en tous cas, elles ne s'isolent point naturellement comme parois de massifs, et ne sont mises à découvert que par une force artificielle, appliquée de manière à détruire l'adhérence en détachant ou brisant les parties engagées, ainsi que cela se pratique dans les carrières. Souvent cette adhérence n'est pas très-puissante et cède aisément; mais parfois aussi elle est telle, qu'il se produit plutôt fracture sur un plan voisin plus ou moins parallèle au sien. Même dans les cas les plus favorables, la séparation des deux parois n'a point lieu sans que chacune d'elles emporte de son côté quelque élément de l'autre, solidement engagé et qui doit être rompu à sec pour produire disjonction.

Nous dirons que les diaclives, dont les parois sont ainsi adhérentes, réagglutinées, réengagées, l'ont été par *syncollème*. Il résulte de la nature même du fait, que l'observateur ne saurait en prendre connaissance qu'au moyen d'une rupture artificielle, produite à peu près selon le plan idéal d'adhérence : cette rupture met nécessairement en évidence, de chaque côté, des surfaces chargées de reliefs mixtes, les uns purement pélomorphes et appartenant à l'accidentation plastique primitive des parois, les autres de cassure sèche lithomorphe, modifiant cette accidentation. On peut donc y distinguer trois éléments principaux : 1° Ceux qui ont conservé le caractère pélomorphe sans brisure; ils correspondent aux surfaces de moindre adhérence et même de manque

d'adhérence; 2° ceux de la paroi envisagée, qui n'ont pu se séparer de l'opposée sans cassure sèche, celles-ci se montrant dès-lors à leur extrémité et la portion brisée étant devenue partie intégrante de cette paroi opposée; 3° ceux de la paroi opposée qui, étant plus solidement engagés dans la paroi envisagée que dans celle dont ils étaient originairement des accidents plastiques, ont été entraînés, après une cassure sèche, vers leur base, dont ils présentent dès-lors la superficie. Ces deux dernières catégories de reliefs formaient *pont*, ou, si l'on veut, *grapin* entre les deux parois; nous les nommerons *esquilles syncollémiques*. Lorsque ces sortes d'esquilles n'existent point après séparation violente de deux parois étroitement jointes, c'est qu'il n'y avait que contact ou bien légère agglutination par les enduits diaclivaires superficiels.

Les parois réengagées par syncollème se retrouvent à tous les degrés du réseau diaclivaire. Elles sont particulièrement communes dans les diaclives de rang inférieur, dont elles dissimulent fréquemment la présence, *circonstance à laquelle il est nécessaire d'être attentif, si l'on ne veut pas se faire des idées inexactes sur la multiplicité originaire des fissures de retrait.*

Remarquons maintenant que, dans tout ce qui précède, nous avons supposé la surface des deux parois diaclivaires agglutinées, mise à découvert artificiellement et à l'état lithomorphique actuel. Néanmoins, dans la nature, il est aussi arrivé qu'après adhérence des parois par syncollème, après formation d'esquilles syncollémiques solidement engagées, il y a eu de nouveau réouverture de la diaclive avec des résultats analogues à ceux que l'on produit maintenant par une séparation forcée, mais avec des cassures et esquilles syncollémiques pélomorphes. C'est-à-dire que, bien entendu, dans ce cas, l'adhérence syncollémique générale des parois n'existe plus, mais chacune de celles-ci est demeurée plus ou moins pourvue d'esquilles syncollémiques arrachées à la paroi opposée, esquilles engagées par le sommet et montrant à l'observateur non plus une cassure sèche de leur base, mais une rupture plastique pourvue de l'une ou l'autre des accidents pélomorphiques que nous avons décrits, notamment des thlasmes.

Il y a donc, dans les diaclives, des *esquilles syncollémiques sèches* et d'autres *pélomorphiques*. *Ces dernières indiquent une réouverture de diaclives.*

Avant d'aller plus loin, remarquons que les syncollèmes diaclivaires supposent

adhérence et non défoncement et pénétration mutuelle des étoffes, fait qui donne lieu à des caractères particuliers, que nous examinerons bientôt.

§ 22. *De l'adhérence des surfaces épi- et hypoclivaires ou des syncollèmes épiclivaires.* (Fig. 22.)

Lorsqu'on détache une couche compacte de dessus la couche sous-jacente, souvent leurs épiclive et hypoclive, légèrement séparées ou non par quelque enduit ou lit très-mince, se montrent complètement indépendantes et disjointes, de façon que l'épiclive n'emporte rien de l'étoffe de l'hypoclive, ou réciproquement.

Mais infiniment plus souvent, en réalité, lorsqu'il y a contact entre ces deux genres de parois, il y a aussi adhérence étroite : de là même, la solidité des couches divisibles en plusieurs lits par des plans épiclivaires. Les *syncollèmes épiclivaires* sont donc un fait non pas exceptionnel, mais normal, puisqu'au fond les divisions épiclivaires principales ne sont qu'une exception.

L'adhérence par syncollème d'une multitude de surfaces épi- et hypoclivaires est donc, dans la règle, très-forte, et c'est parce qu'il en est ainsi qu'il s'est formé ce qu'on appelle des couches puissantes et compactes, difficiles ou impossibles à subdiviser, selon leurs lits naturels secondaires.

Néanmoins, entre la disjonction plus ou moins parfaite de certaines couches et l'adhérence, maximum de certaines autres, il y a bien des intermédiaires, et ce sont ceux-ci qui éveillent le plus l'attention, parce que, après séparation de deux lits, on remarque souvent, dans la surface épiclivaire découverte, des portions du lit supérieur demeurées incrustées, et montrant à l'observateur leur étoffe mise à nu par les cassures.

Cette séparation des couches dans le sens épiclivaire peut avoir eu lieu, soit artificiellement dans les carrières, soit naturellement dans les ablations orographiques. — Dans le premier cas les *esquilles syncollèmes* épiclivaires se montrent donc engagées dans les cavités de l'épiclive, en présentant à l'observateur leur étoffe par une cassure sèche. — Dans le second cas, elles sont incrustées de la même manière, mais en présentant au dehors des ruptures plastiques, appartenant à l'une ou l'autre des accidentations déjà décrites ci-dessus.

Il y a donc, dans les épiclives, des *esquilles syncollémiques sèches* et d'autres *pélomorphiques : ces dernières indiquent l'état pélomorphique au moment de l'ablation.*

Remarquons de nouveau, avant d'aller plus loin, que les syncollèmes épiclivaires supposent adhérence et un défoncement des étoffes, fait qui donne lieu aux caractères spéciaux que nous allons voir à l'article suivant.

Remarquons enfin que, bien que les syncollèmes diaclivaires et les épiclivaires offrent des caractères analogues après détachement des plans de jonction, ils diffèrent cependant essentiellement, en ce que dans les premiers l'adhérence n'a eu lieu qu'après fissure, tandis que dans les seconds elle a été immédiate. En outre, dans les premiers, les esquilles syncollémiques peuvent être de la nature des thlasmes, ce qui ne peut avoir lieu dans les seconds, où elles ne sont que le modelé des ondulations et autres inégalités épiclivaires *galéniques ;* d'abord qu'il y a défoncement de l'épiclive et pénétration de l'étoffe, on passe aux accidents que nous allons examiner.

§ 23. *Des pélomorphoses par pénétrations mutuelles de l'étoffe pélomorphique, ou des diapérasmes* [1].

Si, dans une carrière, dans une tranchée fraîche découvrant une série d'assises, on soumet à une investigation attentive les lignes qui dessinent sur la paroi diaclivaire que l'on a devant soi, l'affleurement de la jonction des épiclives avec leurs hypoclives, on ne les trouvera sans doute pas géométriquement droites, mais d'ordinaire sinueuses et çà et là légèrement irrégulières. Très-souvent, rien en elles ne révélera autre chose qu'un contact plus ou moins étroit. Mais, fréquemment aussi, les petites dentelures de leur dessin, prenant des dimensions plus considérables et donnant finalement à une ligne, que l'on s'attendait à trouver à peu près droite, un cours fort inégal, brisé et chevauché, elles fixeront plus particulièrement l'attention. Si l'on tombe sur quelque endroit où ce caractère soit bien accusé, on verra clairement la ligne de jonction épiclivaire habituelle remplacée par une véritable ligne d'engrenage irrégulier, au-dessus et au-dessous de laquelle, de distance en distance, alterneront des portions de l'étoffe pélomorphique et des cannelures nettement et constamment perpendiculaires à l'axe

1. De Διαπέρασμα, pénétration.

idéal de l'assise (c'est-à-dire verticales lorsque les terrains sont horizontaux), cannelures parfaitement droites, atteignant souvent plusieurs centimètres et parfois bien davantage. La fig. 23 (1) représente une de ces lignes de jonction de l'épiclive et de l'hypoclive, c'est-à-dire la coupe par un plan diaclivaire vertical des deux bancs superposés A et B. Les parties *aaa*... indiquent la position des cannelures verticales, qui apparaissent à l'observateur, tout le reste de la face diaclivaire offrant les caractères habituels. La ligne de jonction se dessine par une teinte analogue à celle de l'enduit épiclivaire, laquelle colore souvent aussi les cannelures. Si l'on désengrène l'une des dents cannelées, appartenant à la couche A, elle met à découvert un vide parfaitement symétrique dans l'étoffe de la couche B, c'est-à-dire offrant exactement la contre-épreuve de ses cannelures, et l'on est conduit à penser qu'en général il en est ainsi dans tout le contact des deux surfaces d'engrenage qu'on ne voit naturellement que selon une section. En effet, si l'on parvient à mettre à découvert, sur une certaine étendue, deux portions de ces sortes de surfaces symétriquement engrenées (épiclive et hypoclive), ordinairement adhérentes, on se convainc qu'il en est réellement ainsi.

On a donc ici deux couches consécutives engrenées entre elles, non pas par des inégalités originaires à leur épi- et hypoclive, ce qui serait possible, mais par une *pénétration mutuelle* et plus ou moins profonde de leurs étoffes le long de leurs faces de jonction, qui, de planes ou à peu près qu'elles étaient, sont devenues inégales par défoncement. *Nous nommerons diapérasmes les dents cannelées de ces sortes d'engrenages par pénétration mutuelle le long de la jonction horizontale des assises.* Ils ne sont autre chose que l'une des formes lithologiques qui ont été désignées sous la dénomination de stylolithe, cette dénomination en comprenant d'autres encore d'origine différente.

Une épiclive ainsi défoncée par des diapérasmes rappelle beaucoup les configurations que détermine la pluie à la superficie d'un dépôt de marnes ou autre substance terreuse peu résistante. La chute verticale de chaque goutte produit une dépression vaguement cannelée, et l'ensemble de celles-ci finit par isoler des sortes de pics à flancs ravinés qui, concuremment avec les creux interjacents, forment un plexus topographique et rappellent certaines représentations des Alpes dans les vieilles cartes de la Suisse. Un trait encore complète le rapprochement : chaque grain de sable ou pierraille disséminée à la superficie de l'argile y est devenu le sommet d'un pic (tout

comme les blocs dans les glaciers) et tout comme chaque pierraille lithomorphique est devenue, sur la surface épiclivaire diapérasmée, le couronnement d'une stylolithe. Il y a seulement la différence que, dans les pics argileux de formation pluviale, les cannelures ne sont ni nettes ni réellement verticales, tandis que dans les stylolithiques elles offrent nécessairement et constamment ces caractères.

Etudions de plus près le mécanisme qui donne naissance aux diapérasmes.

Soient, en place, deux couches horizontales pélomorphiques à pâte fine et très-imbibée, superposées et au contact par leurs hypo- et épiclive; celles-ci, avec leurs irrégularités primitives de surface, leurs aspérités naturelles, leurs fossiles et parties dures plus ou moins saillissantes, leur enduit ferrugineux, argileux, manganétique, etc.; l'étoffe même des assises avec ses inégalités de consistance, d'imbibition, d'accidents lithomorphes, etc.

Supposons (fig. 23 [2]) la couche supérieure fortement et verticalement pressée contre l'inférieure. Si, le long du contact *abcde*, tout étant, de part et d'autre, également résistant et compressible, l'étoffe, en tant que susceptible de réduction, pourrait éprouver une diminution d'épaisseur, et la surface hypoclivaire supérieure se bornerait à faire, dans l'épiclive sous-jacente et sans y produire aucune solution de continuité, une empreinte en creux *bcd*, égale à elle-même. Mais si, le long de ce contact, par une cause quelconque, la portion *bd* était, soit moins résistante, soit plus pressée que les autres parties ambiantes, l'épiclive serait percée, déchirée, et la surface *bd*, grâce à la compressibilité de l'étoffe, serait portée vers le bas par le prisme correspondant *xbcdy* (fig. 23 [2]) d'une certaine quantité *bb'* (fig. 23 [3]). Dès-lors, l'étoffe pélomorphique de la couche supérieure viendrait remplir la cavité *bb'dd'*, en en tripsant verticalement les parois. Si la partie moins résistante, dont *bd* est la coupe, était en plan un rectangle, le solide *bb'dd'* serait un prisme droit, ayant ce rectangle pour base et plus ou moins finement tripsé sur ses faces latérales. Mais si, au lieu de cette hypothèse mathématique, nous envisageons une surface moins résistante irrégulière (fig. 23 [4]), au lieu d'avoir un prisme géométrique, on aura une colonne prismatique cannelée plus ou moins finement, à pans plus ou moins nombreux, à cannelures plus ou moins accidentées, du reste, par les rencontres d'inégalités lithomorphiques qui ont pu se trouver dans l'étoffe, mais toujours verticale, toujours

cannelée verticalement par l'orifice de filière. Ce corps, ainsi tripsé (fig. 23 [5]), est un diapérasme, de même que le moule qui le reçoit (fig. 23 [6]) et qui lui-même offre les caractères symétriques, le creux d'un côté, le relief de l'autre. L'un et l'autre auront, en *cd* et *c'd'*, des traces de l'épiclive transportée ou de quelque corps relativement plus lithomorphe que l'étoffe générale (fossiles, cristallisations). Les cannelures montreront, soit l'étoffe pure de la roche, soit celle-ci postérieurement colorée par quelque léger enduit ocracé ou manganétique, contemporain ou postérieur à la naissance du diapérasme.

Les corps isolés, tels que celui de la fig. 23 (5) que l'on aurait détachés de la roche selon *bc*, ont, comme nous l'avons dit, souvent été désignés sous le nom de stylolithes, mais confondus avec des formes analogues, d'origine différente. Nous ne croyons pas qu'on ait déjà donné l'explication que nous venons de détailler. On les a envisagés isolément, tandis qu'ils ne sont que des dents de lignes d'engrenage, qui seules révèlent le fait de la pénétration mutuelle de deux étoffes pélomorphiques le long d'un joint épiclivaire. Bien que l'expression de stylolithe ait été appliquée à d'autres faits, rien n'empêche de la conserver, si on le juge convenable, pour désigner une dent isolée de cette engrenage; mais nous proposons la dénomination de diapérasme pour l'ensemble de l'accident plastique.

C'est lorsque les diapérasmes se montrent fortement caractérisés, qu'on en reconnaît clairement l'origine comme nous venons de l'exposer, et, dans ces sortes de cas, qu'il est utile de les observer d'abord. On en remarque dont les cannelures atteignent jusqu'à cinq centimètres, mais elles sont habituellement beaucoup moindres. On voit des lignes sinueuses de diapérasmes, dont les cannelures varient de un à trois centimètres, se soutenir sur toute la longueur des parois diaclivaires découvertes, et c'est surtout en les suivant dans le sens horizontal qu'on se convaincra de la légitimité de notre interprétation.

C'est dans les bancs de calcaires compactes à pâte fine, que nous avons vu le plus fréquemment se dessiner ce genre de pélomorphose. Mais, une fois qu'on l'a vu, on le retrouve, sur une échelle plus petite il est vrai, dans la plupart des subdivisions jurassiques, où en réalité les diapérasmes sont très-répandus; ils se montrent abondamment dans le conchylien.

C'est essentiellement dans les lignes de jonction épiclivaire qu'ils se sont développés sous l'action du poids des massifs superposés. Ils ne se sont formés que beaucoup plus rarement au contact des parois diaclivaires. Soit que les forces qui poussaient latéralement les gerbes les unes contre les autres aient été insuffisantes, soit qu'à l'époque des mouvements de ce genre l'état pélomorphique de l'étoffe ait déjà acquis un degré de consolidation qui s'y opposait, toujours est-il qu'on voit fort peu de diapérasmes bien caractérisés au contact des parois diaclivaires. Néanmoins, ils n'y sont pas entièrement nuls. — On en retrouve aussi, du reste, dans les ruptures pélomorphiques anormales.

Remarquons, avant de terminer, qu'il faut prendre garde de ne pas confondre, dans des diaclives très-accidentées, les esquilles rigoureuses et imparfaitement sillonnées par étirement avec les stylolithes des diapérasmes. On distinguera toujours les seconds des premiers à la rectitude linéaire des cannelures et à leur parallélisme, caractères essentiels à leur mode d'origine et qui ne se trouvent jamais dans les esquilles des thlasmes.

En outre, lors de la séparation, soit artificielle et lithomorphique, soit par ablation et pélomorphique, de deux couches consécutives diapérasmées, il arrive souvent que des *esquilles stylolithiques* de la couche supérieure se rompent et demeurent engagées dans l'épiclive découverte (et réciproquement), en présentant dès-lors un aspect analogue à celui des esquilles syncollémiques (fig. 23 [7]), c'est-à-dire notamment en offrant à l'observateur, au milieu des autres accidents galéniques de l'épiclive, les cassures sèches ou pélomorphiques de leur base, ces dernières accidentées encore à formes plastiques. On comprend que, malgré la similitude d'aspect, ces deux espèces d'esquilles diffèrent essentiellement, en ce que les stylolithiques ont défoncé l'épiclive, tandis que les syncollémiques ne font qu'en remplir et incruster les cavités galéniques.

§ 24. *Des plaques de calcaire spathique qui remplissent les vides du réseau de grande structure.*

a) Leur description; plaques diaclivaires. Ces diaclives de toute espèce, notamment les principales, offrent entre leurs parois un espace tantôt vide, tantôt occupé

en partie ou complètement par quelque substance minérale différente de l'étoffe pélomorphique. Presque toujours, c'est du carbonate de chaux cristallisé. (Fig. 24 [1].)

Dès-lors les parois sont tapissées de croûtes spathiques adhérentes plus ou moins épaisses, laissant entre elles un vide plus ou moins grand. Souvent ces *plaques* arrivent presque au contact, et très-souvent encore elles se soudent en une seule et même masse cristalline qui occupe tout le vide de la fissure. (Fig. 24 [2] et 24 [3].) Il y en a de *diaclivaires*, d'*épiclivaires*, et d'autres qui correspondent aux fissures *anormales*. Lorsqu'on détache une de ces plaques de la paroi, à laquelle elle adhère hermétiquement, on reconnaît qu'elle s'est exactement moulée sur tous les détails de son relief et qu'elle présente la reproduction symétrique de tous ses accidents plastiques. Il en résulte qu'une plaque diaclivaire isolée de part et d'autre des deux parois d'une fissure, et montrant dès-lors à l'observateur ses surfaces d'insertion, se présente au premier coup-d'œil le plus souvent comme une masse aplatie, qui aurait subi elle-même une compression plastique, laquelle l'aurait tripsée de diverses manières. (Fig. 24 [4].) Or, il n'en est certainement rien, et ce n'est là qu'une illusion, qui disparait, du reste, bien vite devant un examen quelque peu attentif.

En effet, on voit clairement que les espaces diaclivaires, très-souvent occupés par les plaques, n'en existent pas moins, lors même qu'elles s'y sont peu développées. On voit clairement qu'un corps moulé dans ces vides prendrait absolument la forme extérieure qu'elles affectent. On peut suivre la marche de leur développement, commençant, ainsi que nous l'avons dit, par deux revêtements cristallins opposés, lesquels tantôt laissent un vide entre eux, faute de substance suffisante, tantôt se rejoignent pour former une seule masse spathique. Enfin et surtout, on voit que ces plaques, étant essentiellement cristallines, ont dû être immédiatement lithomorphes, et par conséquent inaptes à percevoir des empreintes plastiques.

On trouve également des plaques spathiques dans les diaclives thlasmées et dans les diaclives tripsées. Cependant, dans les terrains où elles sont le moins habituelles, c'est surtout dans les dernières qu'elles règnent le plus fréquemment. Du reste, comme elles se trouvent moins engagées dans les surfaces planes ou cannelées des tripses, que dans les aspérités esquilleuses des thlasmes, elles s'isolent beaucoup plus aisément à l'état de plaque tripsée, et c'est sous cette forme qu'on les observe et recueille le plus fréquemment : c'est à cet état qu'elles provoquent l'attention. (Fig. 24 [4].)

Les plaques diaclivaires sont un fait presque habituel dans les terrains jurassiques. Elles occupent surtout les diaclives principales, mais elles se répètent de plus petit format dans les secondaires et les accessoires. Elles sont plus particulièrement constantes à certains étages, dans l'étoffe pélomorphique desquels l'élément cristallin joue visiblement un plus grand rôle (par exemple dans le groupe oolitique), tandis qu'elles manquent souvent à ceux où cette étoffe, plus purement vaseuse, n'accuse que peu l'élément spathique dans son intérieur (par exemple le groupe portlandien).

Ces plaques diaclivaires ne sont pas toujours simples : il n'est pas fort rare de les rencontrer doubles, c'est-à-dire réellement divisibles en deux plaques accolées. Dès-lors, si l'on examine ces sortes de plaques en place, on se convainc que non seulement leur surface d'attache aux parois reproduit les accidents plastiques de celles-ci, mais, qu'en outre, *les faces de juxta-position répètent elles-mêmes les détails de relief de l'une des parois*. Ainsi, dans la fig. 24 (5) *abcd*, qui représente la coupe d'une plaque diaclivaire, formée de deux autres *abxy* et *cdxy*, non seulement les surfaces *ab* et *cd* de la plaque totale sont moulées sur les parois respectives, mais les surfaces *xy* reproduisent les reliefs plastiques de l'une de ces parois, par exemple celle de gauche.

Cette particularité, tout en s'expliquant aisément, fournit une donnée intéressante. Voici comment la chose s'est passée. Le vide diaclivaire primitif était *cdxy*, et a été rempli par la plaque de ce nom. Un nouveau mouvement a distancé les gerbes et donné naissance au nouveau vide diaclivaire *abxy*, en détachant la plaque originaire de ce côté et la laissant adhérente de l'autre. Dès-lors la face *xy* portait le dessin plastique de *ab*, et une nouvelle plaque *abxy* s'étant développée, elle satisfait nécessairement aux conditions mentionnées. Le tout indique clairement qu'*à des époques successives, de nouveaux mouvements ont rouvert des vides diaclivaires déjà occupés.*

Un observateur attentif ne trouvera pas seulement des plaques diaclivaires doubles, mais de triples, de quadruples (fig. 24 [6]), et j'en ai vu jusqu'à des quintuples, dont les plus grandes subdivisions atteignaient un décimètre et la plaque totale jusque près de cinq d'épaisseur. Tous ces cas s'expliquent évidemment comme le précédent et en fortifient la conclusion quant à la succession des mouvements qui ont rouvert les diaclives sur certains points.

b) Plaques épiclivaires. Nous avons dit plus haut qu'il y avait aussi des épicli-

vaires, c'est-à-dire, formées le long des joints de deux assises consécutives. En effet, dans les couches relevées et dont les épiclives ont été tripsées, on voit fréquemment des plaques spathiques, minces, tripsées elles-mêmes sur leurs faces extérieures et qui ont évidemment, de même que celles des diaclives, été moulées dans les vides demeurés entre l'épiclive et l'hypoclive. On ne comprendra peut-être pas tout d'abord comment, entre deux couches, ces sortes de vides ont pu exister ou se produire; rien de plus naturel cependant, et en voici l'explication. Si l'on se représente deux assises glissant l'une sur l'autre, comme la face épiclivaire et son hypoclivaire symétrique ne sont pas des plans réels, mais souvent des surfaces ondulées et bossuées (ainsi qu'on le voit très-aisément dans les épiclives galéniques), il en est résulté que leur déplacement relatif, sous l'empire de la compression des masses supérieures, n'a pu avoir lieu que par le désemboîtement, le désengrenage de leurs reliefs et de leurs creux, le refoulement et l'écrasement plus ou moins complet des premiers, le comblement plus ou moins parfait des seconds, pour le tout offrir en moyenne une superficie plus ou moins aplanie et tripsée. (Fig. 25 [2].) Mais habituellement cette opération n'a pas eu lieu d'une manière parfaite, c'est-à-dire que le rasement des reliefs et le remplissage des cavités n'ayant pas été absolu, il est nécessairement résulté des vides qui ont été occupés par les plaques spathiques.

Dans presque toutes nos roches jurassiques, c'est le carbonate de chaux cristallisé qui joue le rôle principal et souvent exclusif à cet égard. D'autres substances ne se montrent que d'une manière subordonnée et le plus souvent sans préjudice à la présence du calcaire. La silice forme cependant aussi quelques plaques diaclivaires de petite échelle, des géodes dans les cavités, etc. Le fer se montre aussi parfois avec des caractères peut-être de même origine que nos croûtes calcaires, et il pourrait en être de même de certaines dendrites manganitiques si fréquentes à la surface des petits accidents diaclivaires et des moules de fossiles, etc. Cependant, il ne faut pas se presser de juger à cet égard, et dans les raisonnements qui vont suivre, nous n'avons spécialement en vue que les plaques calcaires, les seules réellement habituelles.

Il va sans dire qu'il n'est pas toujours aisé de distinguer, au sein de nos roches, les différents accidents minéralogiques qui peuvent être assimilés aux plaques spathiques de grande échelle, de ceux qui ont pris naissance par divers autres *processus* chimiques,

tels que notamment ceux de minéralisation des fossiles. Nous nous garderons d'aborder cette matière épineuse. Seulement, avant d'aller plus loin, n'oublions pas de remarquer que les plaques nues de toute espèce, et notamment celles de grande échelle, sont dans un rapport fréquent avec la nature minéralogique habituelle de tous les accidents internes du terrain. Ainsi, là où les fossiles ont le plus perdu leur test, les plaques diaclivaires sont plus rares; là où ils sont le mieux conservés et le plus spathisés, elles sont les plus habituelles; ailleurs, où les tests des fossiles sont siliceux, on rencontre fréquemment le quarz dans les diaclives, etc. Il y a donc un rapport évident entre les plaques et les autres faits minéralogiques des masses pélomorphes, ce qui est, du reste, bien naturel.

e) Origine des plaques. De quelque manière que l'on se représente l'étoffe pélomorphique plus ou moins pure, fluide ou chargée de corps lithomorphes, on ne peut la concevoir autrement que comme un magma formé d'une *base solide* à parties aussi réunies que l'on voudra, en suspension ou dislocation dans une *base liquide,* en général différente d'elle et non combinée avec elle.

Dès-lors, on conçoit la solidification de cette étoffe de trois manières : soit par la combinaison totale de ces deux bases, sans déperdition de principe à la manière de certains hydrates; soit par déperdition totale de la base liquide par voie d'évaporation, d'épuration ou autre; soit, enfin, à la fois par combinaison d'une partie de la base liquide et déperdition de l'autre.

Dans ces deux derniers cas, une quantité quelconque de déperdition est nécessaire; il n'en est pas de même dans le premier. Mais, comme dans un magma quelconque, il est entièrement accidentel que la base liquide se trouve sans défaut ou excès dans les proportions voulues pour une combinaison, il en résulte qu'en général le *passage de l'état pélomorphique ou lithomorphique a exigé la déperdition d'une partie de la base liquide,* et qu'en général, également, *les étoffes pélomorphiques, en tant que telles, renferment essentiellement cette base liquide dans une proportion quelconque non combinée et mécaniquement isolable* par évaporation, épuration, filtration, transsudation, etc., procédés dont les derniers sont essentiellement favorisés par la compression.

Donc, si *dans l'intérieur d'une masse pélomorphique,* surtout très-fluide, *il se trouve des cavités, celles-ci tendront à être occupées plus ou moins parfaitement par filtration,*

la quantité de ce remplissage pouvant, selon les cas, varier de zéro à occupation totale. — Donc, encore, *toute masse pélomorphique comprimée tendra à émettre au dehors, par voie d'épuration, de transsudation, une partie de sa base liquide*, dans des proportions qui dépendent des rapports entre son degré de fluidité et la puissance de la compression. C'est ce que nous avions déjà annoncé d'une manière plus générale (§ 7).

Or, les masses pélomorphiques de nos couches, incessamment chargées par le poids croissant des supérieures, ont indubitablement éprouvé une compression plus ou moins énergique, que nous avons déjà vue et que nous reconnaîtrons encore à toutes sortes de caractères. Il est donc difficile que cette compression, généralement énorme, n'ait pas eu pour effet la filtration ou transsudation, par les parties libres, d'une portion plus ou moins considérable de la base liquide de l'étoffe ; cette quantité de liquide émis a occupé les vides existants, et partant les diaclivaires, épiclivaires, etc., et s'y est maintenue, parce qu'ils étaient fermés.

De quelle nature était ce liquide transsudé ?

Nous avons déjà dit que plus l'étoffe solide actuelle est chargée de calcaire à l'état spathique, et plus les diaclives sont habituellement occupées par les plaques spathiques. — Elles remplissent précisément tous les vides que la transsudation a dû remplir, et aucune autre substance ne les occupe habituellement. — On ne les voit qu'exceptionnellement dans des positions où le mécanisme pélomorphique n'indique point qu'une vacuité a dû préexister. — Elles manquent dans les parties originairement continues ou en contact hermétique, et y apparaissent dès qu'une couche quelconque a produit interruption de ce contact ou solution de cette continuité. — La plupart des vacuités qu'elles comblent ont pris naissance à une époque où l'on sait, par d'autres considérations, qu'il y avait pélomorphisme et compression. — Leur position démontre presque toujours qu'elles ne sont point dues à une marche moléculaire, à un jeu d'affinités chimiques dans le sein du magma pélomorphique. — Se trouvant dans des vides fermés, elles étaient à l'abri des intrusions étrangères et n'offraient, en effet, rien qui les indique. — Enfin, différant essentiellement du reste de l'étoffe pélomorphique de leurs propres parois, elles ne peuvent provenir d'un comblement mécanique par la substance de celle-ci.

On est donc conduit à admettre, avec une extrême probabilité, à la fois que la *base*

liquide de l'étoffe tenait en solution le carbonate de chaux, et que *les plaques spathiques sont nées de la transsudation par compression.*

Il est, également, à peu près impossible de douter que l'eau proprement dite n'ait été l'un des éléments principaux de cette base liquide. Donc, enfin, on arrive à la regarder comme de l'*eau chargée de calcaire en proportions prédominantes*, sans préjudice à quelques autres principes qui n'y ont joué qu'un rôle accessoire dans la minéralisation finale. Ce liquide, isolé par filtration dans les cavités diaclivaires et autres, y cristallisait par évaporation, donnant naissance aux croûtes, plaques, druses, géodes, etc., de calcaire spathique qui les occupent. Néanmoins, la présence et la quantité de principe calcaire pouvant avoir lieu dans la base liquide, transsudée à des degrés très-différents, et la transsudation elle-même en des proportions variables selon les cas, il en est résulté, quant au remplissage, toutes les variations possibles entre la non-présence et l'occupation presque complète, les cas intermédiaires étant les plus fréquents [1].

Du reste, il peut se faire, en outre, que la présence de quelques autres substances, qui jouent dans le remplissage spathique un rôle accessoire et accidentel, comme certaines combinaisons de fer et de silice, soit également sous la dépendance de la transsudation. Cependant, c'est ce que nous ne voudrions point affirmer.

En outre et réciproquement, il résulte de ce qui précède, que *là où le développement des plaques spathiques peut se rapporter à certains mouvements des massifs, il démontre chez celles-ci, à l'époque de ces déplacements, un état tel qu'ils ont pu fournir transsudation par compression, c'est-à-dire, un degré quelconque de pélomorphisme.*

Enfin, rappelons que tout ce que nous venons de dire est sans préjudice aux jeux d'affinité chimique intérieurs à l'étoffe, indépendants de toute filtration dans les vacuités. Ces jeux d'affinité ont isolé des minéralisations au sein du magma, groupé des cristaux, des dendrites, formé et aggloméré des masses réniformes, etc. Un des caractères par lesquels leurs groupements diffèrent assez habituellement de ceux de la nature des plaques, géodes, etc., c'est que leur densité va en augmentant de la cir-

1. Au dire des carriers de plusieurs endroits du Jura central, on trouve assez fréquemment des géodes calcaires engagées dans les massifs et sans aucune communication avec l'extérieur, occupées par un liquide, qui a entièrement l'aspect de l'eau. Je n'ai encore pu constater la réalité de ce fait, qui ne serait pas sans intérêt.

conférence au centre, tandis qu'au contraire, dans ces derniers, l'irradiation a eu lieu du centre, qu'elle a souvent laissé vide, vers la périphérie.

§ 25. *Jusqu'à quel point les différentes pélomorphoses décrites ci-dessus se retrouvent dans les différents terrains du Jura.*

Le degré de présence, de développement et en quelque sorte de perfection, avec lesquels les accidents plastiques se retrouvent dans les diverses roches de nos contrées, dépend entièrement et exclusivement de la nature de leur étoffe pélomorphique. Si l'on se rappelle ce que nous avons dit au § 11 des degrés de plasticité des diverses étoffes, on comprendra aisément ce qui va suivre, sans le faire précéder de nouveaux développements.

Les pélomorphoses sont les mieux caractérisées dans les calcaires compactes conchylien, corallien, portlandien, et dans certaines subdivisions compactes du groupe oolitique.

Elles le sont encore très-clairement, quoique moins nettement, dans la majeure partie des calcaires non compactes de diverse texture, notamment oolitiques, du néocomien et du groupe jurassique inférieur.

Elles sont beaucoup moins accusées dans toutes les divisions marno-compactes et surtout marneuses de l'oxfordien, du néocomien, du keupérien, du liasique, etc.

Elles ont presque disparu dans les grès bigarrés, et se montrent, en général, peu dans toutes les petites assises d'origine sableuses des divers niveaux. Elles sont à peu près nulles dans les molasses.

On les retrouve, quoique faibles, dans les calcaires d'eau douce.

Dans ces divers terrains, ceux dont l'étoffe rocheuse est encore, à cette heure, le plus chargée d'élément spathique, offrent le plus habituellement les plaques diaclivaires. Telles sont certaines subdivisions du groupe oolitique, du néocomien, du liasique.

Partout, même dans les cas les plus défavorables, on rencontre des traces de pélomorphoses. C'est ainsi que, jusque dans les molasses, des épiclives argileuses se montrent, dans les parois diaclivaires, élégamment tripsées et alternant avec des lits molassiques entièrement mats. C'est-à-dire que les causes dynamiques de ces accidentations plastiques se sont également exercées dans toute la série. Ils sont, du moins

dans le Jura central, un fait général, mais dont les résultats se sont plus ou moins formulés ou maintenus, selon le caractère de l'étoffe sédimentaire. — Nous disons dans le Jura central, parce nous n'avons pu nous livrer à l'examen du genre de faits dont il s'agit dans ce chapitre, que dans la partie du Jura qui s'étend du Rhin et du pied des Vosges au bassin suisse, à peu près dans le quadrilatère Mulhouse, Soleure, Bienne, Villersexel; mais nous ne doutons pas qu'il n'en soit de même dans tout le reste du Jura et partout ailleurs dans les mêmes terrains.

§ 26. *Des pélomorphoses précédentes, envisagées dans les diaclives et épiclives secondaires et accessoires.*

Dans tout ce qui précède, nous avons eu particulièrement en vue ce qui se passe dans les parois diaclivaires et sur les surfaces épiclivaires principales; cependant, nous avons déjà averti que cela est entièrement applicable aux divisions analogues des massifs, que nous avons décrites sous la qualification de secondaires et accessoires : voyons cependant maintenant plus spécialement jusqu'à quel point cela a lieu.

Les thlasmes et les tripses diaclivaires tapissent toutes les parois secondaires avec tous les caractères énumérés, sauf qu'ils y sont habituellement de plus petite échelle, c'est-à-dire de plus petite dimension quant à leur relief, ce qui, dans les accessoires, va encore en diminuant. Ainsi, les esquilles sont plus courtes et les cannelures moins profondes, arrivant respectivement jusqu'à un aspect pulvérulent microcospique et jusqu'à un dessin d'une extrême ténuité; en outre, les faits caractérisés d'une manière intermédiaire se multiplient, et les thlasmo-tripses deviennent plus communs. Les xécollèmes sont beaucoup plus rares. Les vides diaclivaires diminuent jusqu'à presque nullité, puis adhérence. Les plaques diaclivaires s'amincissent, par conséquent, en proportion jusqu'à la forme de feuillet très-mince, jusqu'à l'état de rosée cristalline miroitante, d'une épaisseur à peine appréciable. Les épiclives secondaires présentent rarement des tripses, et, par conséquent, des plaques, vu que les subdivisions d'une couche n'ont que rarement subi de déplacement relatif; en revanche, elles offrent encore fréquemment des diapérasmes, mais de plus petit format que ceux du contact de deux assises proprement dites.

Ce qui précède suffit entièrement pour donner une idée de l'état des accidents

plastiques dans les divisions secondaires et accessoires. Malgré l'extrême diversité de formes qui y règne, toutes rentrent dans les diagnoses que nous avons esquissées, pour les diaclives et épiclives principales.

§ 27. *Des pélomorphoses précédentes, envisagées dans les ruptures pélomorphiques anormales.*

Toutes s'y retrouvent, et peut-être, en général, plus puissamment caractérisées encore que dans les divisions régulières. Cependant, dans ces sortes de cas, les solutions de continuité, n'ayant qu'exceptionnellement porté à distance les parois des masses divisées, les thlasmes et les xécollèmes y sont exceptionnels, tandis que les résultats de froissement puissant, avec fort déplacement relatif, y sont habituels : tels sont les tripses qui s'y montrent cannelés avec une grande vigueur, mais sur des surfaces inégales et avec des plaques plus interrompues correspondant aux vides permis précisément par cette inégalité. On peut voir de ces sortes de ruptures pélomorphiques irrégulières dans beaucoup de carrières du Jura, où elles se font remarquer le plus souvent par leur obliquité, leur discordance et la puissance d'accidents de leur superficie froissée; elles forment souvent des crans de petite échelle, qui leur a valu la dénomination de *cavaliers* (§ 12 *d*), de la part des carriers, dont elles contrarient les travaux. Il va sans dire que les mêmes faits se montrent également dans les failles de grande échelle ou orographiques, et dans celles d'ablation : nous les y retrouverons en parlant bientôt de ces faits, mais nous avons dû en dire un mot ici en général, pour être fidèle à notre cadre méthodique.

§ 28. *Des couches ployées, envisagées comme pélomorphoses.*

Parmi les résultats auxquels a pu donner lieu l'état pélomorphique des terrains, il en est un de première importance que nous avons maintenant à examiner : c'est la courbure.

Nul doute qu'une couche, jouissant d'un certain degré de mollesse sédimentaire, n'ait été susceptible de ploiement sans rupture : nous pensons que personne ne le révoquera en doute.

Il ne nous paraît pas moins évident qu'une couche consolidée, telle que nous en

voyons actuellement, de calcaire compacte, par exemple, bien qu'elle puisse, mathématiquement parlant, jouir d'une certaine flexibilité, ne saurait, quelque force qu'on y suppose appliquée, prendre et *conserver* une courbure quelconque, ou du moins une courbure quelque peu forte et appréciable à l'œil. Par exemple, on ne prétendra pas qu'en appliquant à un banc calcaire, de sept mètres de longueur, des forces quelconques pour le fléchir, on parviendra à lui faire prendre une courbure qui ferait un arc comptant, entre son milieu et celui de sa corde, une distance perpendiculaire de sept décimètres. (Fig. 25.)

Donc, là où l'on trouve des couches sensiblement courbes, il est nécessaire d'admettre qu'elles n'ont pris cette forme que moyennant un degré quelconque de mollesse, de pélomorphisme, soit originaire, soit ramené, si l'on veut, après solidification, par un ramollissement postérieur.

Il va sans dire que nous parlons ici de courbures réelles, à élément continu, et non de polygonation correspondant à des fissures diaclivaires aussi rapprochées que l'on voudra.

Or, des couches courbes, des systèmes tout entiers d'assises calcaires ainsi ployées, sont habituels dans les dislocations jurassiques, où ils jouent un rôle orographique principal.

Tout en faisant au réseau diaclivaire la part des facilités qu'il a pu donner au recourbement des massifs, il n'en reste pas moins certain que l'élément de courbure continu règne généralement dans les voûtes et autres ploiements jurassiques, et ce, jusque dans les derniers détails de leurs assises. Il y a plus, c'est que précisément, dans les massifs ployés, la division diaclivaire semble très-souvent jouer un rôle moindre que dans les masses horizontales, comme si les traits en avaient été altérés, effacés par compression et réagglutination dans le jeu relatif des gerbes et sous l'action mutuelle de leurs énormes pesanteurs. — Il y a, dans la *vue* de ces sortes de faits sur le terrain, un élément de conviction que nous ne pouvons traduire par la parole, ni faire passer dans l'esprit du lecteur. Mais nous pensons qu'un observateur, qui aura passé quelques heures à examiner attentivement les plis de l'une ou l'autre de nos vallées transversales, mettant à découvert la structure voûtée d'une chaîne jurassique, acquerra la conviction profonde qu'il y a là un fait de ploiement et non un fait de polygonation.

Rien de plus commun, du reste, que des assises courbées, observables de près et sur une petite échelle. C'est à peine s'il existe un ravin traversant quelque flanquement de chaîne et en montrant la structure sur un plan sécant, où l'observateur ne puisse constater des courbures de couches plus ou moins fortes, d'élément parfaitement continu et nullement à jarrets diaclivaires; en plaçant rapidement son bâton de voyage entre ses yeux et la roche, de manière à lui faire servir de corde à l'arc de la courbure, il remarquera aisément et mieux cette dernière, qui lui aurait parfois échappé.

Il ne rencontrera pas fréquemment, il est vrai, des courbures de très-court rayon, et la raison en est simple : c'est que l'accidentation a eu lieu, dans le Jura, sur une échelle toute orographique, et qu'il n'y existe, pour ainsi dire, qu'un seul grand ploiement pour chaque chaîne, ploiement exercé, du reste, sur une puissance énorme de terrains. Cependant, il ne manque pas d'exemples de petites voûtes à courbure forte, mises à découvert à la partie interne et inférieure des ploiements : on en voit dont la courbure équivaut à celle d'un arc de cercle de deux mètres de rayon et même moins, et où l'on saisit encore très-clairement l'élément continu de la courbure sur des longueurs de moins d'un décimètre. (Fig. 26.)

Du reste, répétons-le : quiconque aura traversé et étudié avec quelque attention la structure découverte de l'une de nos grandes voûtes jurassiques, jugera inutile que nous insistions davantage sur ce point, par la raison que la physionomie seule de ces grands accidents, la mollesse des courbures qu'ils dessinent, la continuité plastique des flexions de détail et l'absence de fissures diaclivaires, précisément aux points les plus anguleux, lui laisseront, mieux que tout raisonnement, la conviction de l'impossibilité de semblables résultats sans le concours d'un degré quelconque de pélomorphisme dans les terrains, aussi peu fluides qu'on veuille le supposer. (Fig. 27.)

A nos yeux, le fait des tripses épiclivaires, que nous avons décrit ailleurs, ne serait même pas nécessaire pour arriver à cette conviction. Toutefois, nous le rappellerons ici au lecteur à qui il resterait quelque doute. Partout, dans les grandes courbures, où les épiclives sont si souvent découvertes sur de vastes superficies, ils viennent, par leurs cannelures dans le sens de la plongée et par leurs plaques spathiques, révéler les facilités de mouvement que donnait l'état pélomorphique aux masses, sur lesquelles s'exerçait l'agent de dislocation.

Ces tripses épiclivaires ne pouvaient prendre naissance sans le glissement relatif des couches, provoqué d'un côté par leur relèvement, de l'autre par la petite quantité de mouvement dans le sens de la plongée, que permettaient les vides diaclivaires, perpendiculaires à celle-ci. Aussi, les tripses épiclivaires ne commencent-ils guère à se montrer que moyennant des inclinaisons supérieures à quinze degrés, limite à laquelle ils sont encore rares; ils deviennent ensuite d'autant plus habituels, que les angles sont plus forts. En outre, en même temps et dans la même proportion, les parois des diaclives perpendiculaires à la plongée se montrent rétrécies, refermées par le glissement des couches, de façon que leurs thlasmes sont souvent, soit plus réengagés par leurs esquilles, soit effacés et transformés en *tripses ondulés*, par la simple compression des parois, non accompagnée de déplacement relatif dans le sens de leurs plans. C'est même dans cette situation particulière que les tripses ondulés, dont nous n'avions pu reparler jusqu'à présent, sont le plus habituels, le plus normaux. On les remarque d'autant mieux dans certaines parties du Jura (Jura central) que, par suite du sens général des plongées anticlivaires au nord ou au sud, dans la direction des premières diaclives principales (tripsées), ce sont les secondes principales (thlasmées) qui ont été ainsi modifiées. — Il est clair, du reste, que tout ce jeu de glissement, avec ses conséquences plastiques, accuse non moins que les grandes courbures, dont ils ne sont qu'une conséquence, l'état pélomorphique des massifs. (Fig. 28.)

Bref, nous pouvons donc consigner ici la conclusion qui est le seul but de cet article, c'est que : *partout, dans le Jura, les ploiements des couches sont une véritable pélomorphose, accusant nécessairement un certain état de mollesse sédimentaire dans les massifs qui les ont subis*. Rien n'empêche, du reste, que, d'un étage, ou d'un district jurassique à un autre, il n'y ait eu des différences qui seront reconnues plus tard.

§ 29. *De la compression des couches, envisagée comme fait relatif au pélomorphisme.*

Nous verrons plus tard que, dans la plupart des couches jurassiques et dans certaines assises plus particulièrement, soit qu'on envisage ce qui s'est passé à l'état horizontal par le poids des masses supérieures, seul ou secondé par d'autres forces, soit que l'on considère ce qui a eu lieu à l'état d'inclinaison, avec le concours d'agents soulevants, il s'est fréquemment produit des réductions de volume par compression,

lesquelles sont mises en évidence par des écrasements de fossiles, des déjètements de diaclives, des mesures comparatives directes, etc. Bien que tous ces faits n'accusent pas partout essentiellement ou exclusivement la plasticité pélomorphique et que, même à certains égards, celle-ci ait été souvent moins favorable à la production de leur maximum qu'un certain état clastique permettant tassement, il n'en est pas moins vrai qu'elle a été partout un élément de mobilité qui les a facilités comme fait général. Aussi devons-nous le consigner ici, remettant à plus tard des développements qui, en ce moment, seraient une anticipation.

§ 30. *Du pélomorphisme des roches, envisagé dans les facilités qu'il a fournies aux ablations orographiques.*

Si, comme nous l'avons vu tout-à-l'heure à propos des ploiements de couches, certaines grandes dislocations ont eu lieu à une époque où les roches jouissaient encore de l'état pélomorphique à un certain degré, nul doute que cet état n'ait, en même temps, apporté des facilités particulières aux déchirures de couches, lacérations des massifs, désagrégations, dissolutions, transports, ablation et disparition des débris. Tous les phénomènes de division mécanique, d'atténuation des parties, de décomposition chimique, ont évidemment été plus aisés, s'exerçant sur des masses à l'état de mollesse sédimentaire, qu'ils ne le seraient sur les masses à l'état lithomorphique actuel. Mais ici, tous les faits, secondés par le pélomorphisme, n'ayant eu pour résultat final que l'ablation, on ne s'attendra pas à en trouver quelque expression plastique particulière : nous verrons cependant tout-à-l'heure qu'il en existe des traces. Tout ce que nous savons, c'est que des masses énormes de terrain ont disparu à des époques relatives, qui restent à déterminer, mais parmi lesquelles il y en a eu, notamment celle des ploiements, où le pélomorphisme existait encore. Dès-lors, bien que nous ne sachions rien de *positivement observable* sur le rôle qu'a joué la mollesse sédimentaire, nous ne pouvons le révoquer en doute et nous devons, dès-lors, le consigner ici à son rang dans notre examen des faits, auxquels il a eu une part.

Toutefois, si nous avons dit que le rôle essentiellement négatif du pélomorphisme, dans les faits d'ablation orographique, n'est point observable en général, c'est plutôt de peur d'être accusé d'en exagérer les preuves. En réalité, son existence, au moment

de certains grands enlèvements de massifs, est révélée de diverses manières. Nous verrons tout-à-l'heure qu'il s'est formé des galets pélomorphiques à une certaine époque d'ablation. A une autre époque, où ces sortes de galets ne se sont probablement pas développés et où, au contraire, tous les débris ont disparu, il est resté sur les massifs en place, aux surfaces dont ont été détachés les massifs enlevés, des preuves de l'état de mollesse au moment de cette ablation. Ces faits ne sont rien moins que rares, et les deux figures suivantes donneront l'idée, non pas seulement de deux exemples particuliers, mais de deux catégories tout entières de faits, qui se sont répétés sur une foule de points, avec les caractères plastiques que nous allons signaler, et qui seront dès-lors à leur place ici.

Ainsi, dans la fig. 29 (1), qui représente l'encaissement d'une vallée d'ablation, le massif *abd* s'est détaché du massif principal, avec lequel il faisait corps, comme l'indique le pointillé, et a glissé le long de la surface *cab*. Ceci n'a évidemment pu avoir lieu, qu'en tant que le vide, qui forme la vallée, existait, c'est-à-dire durant, ou après ou à la faveur de l'ablation qui a donné naissance à cette vallée. Or, la surface *cab* a été largement et profondément tripsée, comme la pente de son plan, avec tous les caractères pélomorphiques les mieux accusés. Voilà donc un fait plastique pélomorphique, dépendant des grandes ablations orographiques : ces sortes de surfaces sont fréquentes dans le Jura.

Dans la fig. 29 (2), qui représente également la berge gauche d'une vallée d'érosion, la portion pointillée a été enlevée, soit en bloc, soit (ce qui est plus naturel) à la faveur d'une première fissure *xy*, d'abord agrandie, ce qui a ensuite permis au restant du massif ablationné, de glisser le long de la surface de détachement. Ici, les diaclives successives ont favorisé la solution de continuité, et ont mis au jour des thlasmes en *ab*, *a'b'*, etc. Mais le poids du massif glissant a d'abord, non seulement tripsé les épiclives *ad'*, *a''d''*, etc. (ce qu'on pourrait attribuer au soulèvement même des massifs demeurés en place), mais encore *étêté* les assises, en enlevant de chacune d'elles des prismes *dcb*, *d'c'b'*, etc., et en tripsant les surfaces irrégulières et nullement diaclivaires *db*, *d'b'*, etc., dans le sens de la pente. C'est-à-dire que, encore ici, comme tout-à-l'heure, il y avait pélomorphisme, soit pendant, soit après l'ablation principale, et qu'en tout cas, les tripses signalés sont sous la dépendance de celle-ci. On pourrait

appeler *tripses anormaux* ces sortes de résultats plastiques, qui sont totalement différents des diaclivaires et des épiclivaires.

En réalité, ce ne sont là que des phénomènes de glissement ou de *cavaliers* (§ 12 *d*), dont nous reparlerons plus tard. Mais nous avons dû les consigner ici comme fait pélomorphique, dépendant des ablations. Nous reprendrons ailleurs les conséquences qui en résultent. En attendant, énonçons la conclusion de cet article, c'est que : *à l'époque de certaines grandes ablations, il y avait pélomorphisme.*

§ 31. *Des failles, eu égard uniquement au pélomorphisme.*

Les failles sont essentiellement un fait de déplacement relatif de deux masses, en grand ou en petit, et nous les examinerons ailleurs à ce double point de vue. Mais, dans notre examen des faits de plasticité révélateurs de la mollesse sédimentaire des roches, nous devons en dire d'abord un mot ici au point de vue des résultats pélomorphiques, auxquels elles ont donné naissance. Il peut y avoir des failles de diverses époques; cependant la plupart, lorsque leurs surfaces de frottement sont accessibles à l'observation, montrent celles-ci tapissées de tripses, soit planes et polis, soit cannelés. Tantôt c'est une diaclive qui a partiellement fourni son jeu à la faille, et alors elle se montre pourvue de tripses qui, bien que diaclivaires par leur situation, ne le sont plus en réalité. Tantôt et souvent c'est une fracture irrégulière, qui a fourni le jeu et dont les parois ont reçu le froissement. La seule chose qui, pour le moment, nous importe ici, c'est de remarquer que tous ces accidents, de même que ceux de l'article précédent, rentrent entièrement dans ceux que nous avons déjà envisagés au § *d*, sous le titre de *ruptures pélomorphiques anormales*. — Nous pouvons aussi conclure que, *durant la formation de certaines failles de différentes échelles, il y avait pélomorphisme.*

§ 32. *Des galets pélomorphiques.*

Représentons-nous les débris d'un massif pélomorphique, amenés comme le sont de nos jours les débris pierreux de nos roches au contact des eaux, et partant des causes qui font de celles-ci l'agent de la transformation de ces débris en galets ou cailloux roulés; qu'adviendra-t-il? Il arrivera d'abord que, parmi les blocs et frag-

ments à l'état mou, ceux qui n'offrent pas une consistance suffisante, ne pourront supporter le mouvement, seront désagrégés, triturés et atténués jusqu'à pulvérisation (sans parler des éventualités de décomposition), transformation en dépôt de forme nouvelle ou dispersion par translation. Ensuite, au contraire, que ceux des fragments, auxquels leur consistance permet le mouvement et le roulis, prendront plus ou moins parfaitement, et avec une rapidité particulière, la forme finale de galets. Mais il arrivera aussi nécessairement que ceux de ces derniers galets, dont la consistance n'est pas assez grande pour résister à un choc, sans en recevoir des empreintes, en recevront de la rencontre et de la juxta-position avec d'autres, toutes les fois que quelque mouvement de translation, de chute, de compression, communiquera à ces derniers une force suffisante. De là naitront, en définitive, des galets plus ou moins bien roulés, chargés de contusions, d'empreintes, de froissements, en un mot de tripses, c'est-à-dire, enfin, des galets tripsés. (Fig. 31 *a*.)

Or, c'est exactement et de tous points, avec ces caractères, que se présentent les galets de certains nagelfluhs (gompholites) jurassiques, disséminés par petits dépôts sur un assez grand nombre de points du Jura. Ceux qui sont composés de roches des assises jurassiques supérieures, sont peut-être les mieux caractérisés à cet égard, et il y a probablement de ces nagelfluhs de diverses époques, ce qu'il est inutile d'examiner ici. Les mieux caractérisés, ceux des roches jurassiques récentes, reposent aussi sur ces mêmes roches, des ablations desquelles ils proviennent évidemment, et ils sont immédiatement suivis du terrain tertiaire tongrien, ce qui, sans leur donner une date exacte, les place dans une certaine période et permettra d'en tirer parti au point de vue de l'histoire du pélomorphisme ; ici nous ne voulons parler que de leurs accidents de plasticité.

Non seulement ces galets sont généralement couverts de tripses, mais on en rencontre souvent de comprimés, de refoulés, de recourbés. On en voit aussi qui sont à demi traversés d'une cassure, opérée par un ploiement, une tension courbe, auxquels leur degré de pélomorphisme n'a pas entièrement résisté, mais de telle manière que la solution de continuité n'ayant pas été complète, elle n'a pas isolé les morceaux qui restent encore liés par la partie de leur masse non divisée. (Fig. 31 *b*.) La très-grande majorité de ces galets n'offrent, du reste, à leur surface aucune altération. Tout au plus

y voit-on, chez un certain nombre d'entre eux, une légère teinte autrement nuancée que l'étoffe, comme cela se remarque à la superficie météoriquement altérée de beaucoup de roches stratifiées.

Le plus souvent ils sont libres ou mal agrégés par des sables divers de même nature qu'eux ou de nature différente. Souvent ils sont aussi cimentés entre eux par un véritable calcaire, d'aspect tertiaire, auquel la roche finit par passer entièrement. D'un autre côté, lorsqu'on peut observer leurs rapports avec la base jurassique, sur laquelle ils reposent, on les y voit enchâssés, liés par des empreintes profondes et dans le cas d'inclinaison, par des tripses de glissement très-bien caractérisés. (Fig. 31 *c. d.*)

Le tout, enfin, se montre, comme s'ils s'étaient développés aux dépens des lacérations de leur base, au moment où celle-ci était encore pélomorphe, et comme s'ils avaient été, les uns immédiatement, d'autres beaucoup plus tard, cimentés par l'apparition de certains calcaires tertiaires. Nous y reviendrons plus tard, à l'occasion de la durée du pélomorphisme.

Ajoutons seulement que, dans un même dépôt de ces galets, provenant des subdivisions d'un même étage, ce ne sont pas, comme on pourrait le penser, les plus anciens qui (étant présumés, toutes choses égales, plus consolidés) offrent le moins d'empreintes et les plus récents davantage : il ne paraît pas en être ainsi. Le degré auquel ils se montrent chargés de contusions plastiques, parait uniquement en raison directe du degré d'aptitude pélomorphique de chaque roche. Ainsi, dans un dépôt de galets coralliens, astartiens, ptérocériens et virguliens, les lumachelles et dolomies (fausses), astartiennes, spathiques et sableuses, ont perçu moins d'empreintes que ne l'ont fait les calcaires coralliens compactes, non moins chargés, du reste, de contusions, que les calcaires ptérocériens d'étoffe analogue.

§ 33. *De certains gisements du sidérolitique, eu égard au pélomorphisme.*

Au moment où se déposaient les pisolites ferrugineux et sur les points où leurs grains se trouvaient en contact avec la roche jurassique sous-jacente, il est souvent arrivé qu'ils se sont enchâssés dans sa pâte pélomorphique. Tantôt celle-ci les a entourés de toutes parts, tantôt elle ne les a pas enveloppés et ils reposent à sa superficie, dès-lors impressionnée par eux de diverses manières, indiquant soit le repos,

soit une faible translation. Ce sont ces *tripses sidérolitiques* que nous tenons à consigner ici. Ils indiquent qu'*à l'époque du dépôt de la mine-en-grains*, du moins sur certains points (et ces points sont nombreux), *la roche jurassique jouissait de l'état de mollesse sédimentaire*, et que même le dépôt s'en continuait dans certains cas. Du reste, à part l'importance de cette date, les rapports des grains lithomorphiques de la mine de fer avec la pâte pélomorphique sont très-analogues à ceux des oolites des diverses époques avec leur étoffe sédimentaire.

§ 33 *bis*. *Récapitulation des pélomorphoses examinées.*

Avant de clore cette section, résumons les divers genres de pélomorphoses dont nous nous sommes occupés.

Pélomorphose par dépôt tranquille (surfaces épiclivaires, modelages divers) — Galénies.
» par compression sans mouvement latéral — Tripses ondulés (ou thlipses).
» de rupture par tractions opposées — Thlasme.
» par décollement — Xécollèmes.
» par collement — Syncollèmes.
» par pénétration mutuelle — Diapérasmes.
» par le roulis des eaux — Galets pélomorphiques.
» par ploiement des massifs — Strates courbes.
» par réduction d'épaisseur dès massifs — Strates comprimés.



CHAPITRE IV.

MISE EN RAPPORT DES PÉLOMORPHOSES ET DES MOUVEMENTS QUI LEUR ONT DONNÉ NAISSANCE DANS LES MASSIFS HORIZONTAUX.

---

§. 34. *Des positions relatives des thlasmes, tripses, etc., envisagées en général.*

Lorsque, dans une carrière bien découverte, on s'applique à observer tous les accidents de plasticité régulière précédemment décrits, tant diaclivaires qu'épiclivaires, malgré un certain nombre d'exceptions, on se rend bientôt compte de la prédominance de certains rapports de situation de ces divers accidents.

Ainsi, l'on voit le plus souvent :

1° Que, si les terrains sont horizontaux, les épiclives sont demeurées intactes de tripses, mais non de diapérasmes ;

2° Que, si les épiclives sont défoncées par des diapérasmes, on voit régner dans les diaclives des tripses verticaux ;

3° Que, très-habituellement, les premières diaclives principales sont tripsées horizontalement, tandis que les secondes principales correspondantes sont thlasmées ;

4° Que, lorsque les couches sont très-inclinées, les épiclives sont très-souvent tripsées dans le sens de la plongée, qu'il en est de même des diaclives dont les plans courent comme cette plongée, et que celles d'équerre sont ou thlasmées ou tripsées à ondulations, etc., etc.

En général, on s'aperçoit aussitôt que, partout où une gerbe, sans être déplacée de sa base, a éprouvé un mouvement par rapport aux adjacentes, cela a eu lieu à la faveur de vides diaclivaires, demeurés béants et thlasmés, avec frottement des diaclives, d'équerre à ces vides, frottement produisant des tripses de sa direction ; que partout où une gerbe, à l'aide de l'inclinaison, a glissé sur une base épiclivaire, elle a tripsé celle-ci et les diaclives latérales voisines de cannelures courant comme la plongée ; que partout où une gerbe a pu se mouvoir verticalement par suite de faille, de compression, de réduction de volume indiquée par les diapérasmes ou corps orga-

niques aplatis, les diaclives au contact sont tripsées verticalement; que partout, enfin, où, dans le réseau diaclivaire, il y a eu commotion, déplacement relatif permanent ou momentané, crans ou faille de toute échelle, il y a eu constamment détermination de thlasmes là où une solution de continuité est demeurée béante (originairement), et production de tripses là où il y a eu frottement, ces thlasmes et ces tripses devant fréquemment, mais non nécessairement, se trouver dans des plans diaclivaires d'équerre entre eux, les cannelures accusant le sens des mouvements, les diapérasmes la réduction de volume, les xécollèmes, les esquilles syncollémiques et les plaques doubles la réitération des mouvements, etc.

Donc, enfin, de l'investigation de ces faits résulte clairement l'indication d'une multitude de mouvements éprouvés par les massifs à l'état sédimentaire et parmi lesquels jouent le rôle principal : 1° Les mouvements dus à l'effet de la compression, successivement produite par le poids incessamment croissant des couches supérieures : ils sont particulièrement accusés par les tripses diaclivaires verticaux et les diapérasmes. 2° Les mouvements dus aux ébranlements qui ont froissé les gerbes les unes contre les autres : ils sont particulièrement accusés par les tripses diaclivaires horizontaux, sans tripses épiclivaires. 3° Les mouvements dus aux changements de niveau des massifs, qui ont souvent déterminé le glissement des assises sur les épiclives : ils sont particulièrement accusés par les tripses épiclivaires, courant comme la plongée. — Examinons de plus près chacun de ces trois cas.

§ 35. *Des mouvements dus à la pression des couches supérieures sur les inférieures.*

Evidemment, cette pression s'est exercée; ne nous fût-elle révélée par aucun détail des structures actuellement observables, elle ne saurait être révoquée en doute. Elle a dû tendre nécessairement à produire réduction d'épaisseur là où la nature de l'étoffe et autres circonstances rendaient la chose impossible; elle a pu aussi souvent déterminer des écrasements et des morcellements là où le degré de solidification ne permettait que ce genre de résultats. Pour chaque couche envisagée en particulier, elle a dû aller en croissant avec l'empilement successif des terrains; et, si l'on se représente la consolidation lithomorphique comme s'opérant elle-même graduellement, on se rend compte que la plus grande hydration originaire de chaque couche a correspondu

à la moindre pression, et, au contraire, la plus faible à la pression maximum. De façon que, parmi les faits dépendant de la compression, les plus purement plastiques seraient les plus anciens, et ceux qui annoncent un rapprochement de l'état lithomorphique seraient les plus récents.

Les faits, qui dépendent tout particulièrement de la compression verticale dans les couches en place, sont : 1° La réduction d'épaisseur par augmentation de densité; comme le démontre l'écrasement des fossiles. Cet écrasement est fréquent dans certaines couches, et à peine sensible dans d'autres, ce qui indique des différences, non pas dans l'intensité de compression, mais dans la compressibilité des diverses étoffes. Nous ne connaissons aucune manière de l'évaluer avec quelque probabilité. La réduction des axes connus de coquilles comprimées indique bien un minimum dans une couche donnée, mais la somme de ces réductions dans un système ne fournit nullement avec sûreté le chiffre de compression total, puisque la réduction dans diverses couches peut n'être que la répétition par transmission d'une quantité, qu'il ne faut compter qu'une fois. Du reste, nous verrons plus loin un autre moyen d'arriver plus approximativement à ce genre de détermination. Et puis, nous verrons aussi que l'écrasement avec aplatissement des fossiles dans la même couche a été quelque chose de très-inégal. — 2° Les diapérasmes, qui accusent un assez notable degré de fluidité dans l'étoffe sédimentaire; bien que leurs présence, absence, multiplicité et dimensions paraissent dépendre autant de la nature de cette étoffe que du degré de compression, le concours de cette dernière a été nécessaire; de façon que les diapérasmes, ou défoncements partiels d'une assise par la précédente, *n'ont pu prendre naissance qu'après tout le temps qu'il a fallu pour charger la supérieure d'un poids suffisant.* — 3° Le morcellement de certaines étoffes par une multitude de fissures irrégulières à parois froissées et tripsées verticalement. — 4° Le tripsage vertical dans une gerbe donnée de beaucoup de diaclives secondaires et accessoires, accidentation dont l'origine est clairement accusée (quant au concours nécessaire d'une force verticale), par la forme fréquemment arquée des subdivisions de gerbes, qui ont évidemment fléchi sous le poids des massifs supérieurs : nous verrons bientôt que, dans ce cas, la pesanteur n'a probablement agi que comme composante. — On le voit : *aucun de ces effets n'accuse une grande quantité de déplacement relatif.* Mais il y a cette différence entre la com-

pression des masses et les autres facteurs de mouvement, que nous examinerons, que l'*action verticale de la première a été permanente, tandis que les dernières n'ont agi que momentanément.*

Ici vient encore une remarque importante. La réduction d'épaisseur de l'étoffe pélomorphique n'a pu être une réduction de volume proprement dite, que dans une médiocre proportion. Comme l'étoffe n'a pu s'étendre dans les deux dimensions horizontales, la réduction d'épaisseur suppose la disparition, par une voie quelconque, d'un certain volume, soit des gaz, provenant de la décomposition organique des fossiles, soit des liquides qui imprégnaient l'étoffe en excès. Or, le même phénomène, qui a permis la vaporisation d'une partie de ces derniers, pour donner naissance au retrait, a dû, en même temps, favoriser la réduction de volume en général. Puis, une fois les fissures diaclivaires ouvertes, la compression a pu diminuer encore les épaisseurs par transsudation latérale des liquides dans ces vides, dès-lors aptes à les recevoir en une certaine mesure. Toutefois, ces divers moyens de diminution de volume, rendant possible une réduction d'épaisseur, sans extension des autres dimensions, ne paraissent pas avoir pu réaliser des résultats très-importants, car, du moins en général, ces réductions, quoique parfaitement certaines, sont, relativement parlant, moins considérables qu'on ne pourrait s'y attendre. Mais il ne faut pas perdre de vue que tout ce qui précède regarde des masses purement pélomorphiques, d'étoffe homogène, continue et sans interstices essentiels de texture. Dans les masses plus ou moins clastiques ou même pélomorphiques très-morcelées, il y a eu une susceptibilité de tassement, qui a permis des réductions de volume beaucoup plus fortes, dont nous parlerons plus loin (37 *bis*). — Enfin, il ne faut pas oublier non plus, qu'il n'est question ici que de la compression verticale, agissant seule sur des masses horizontales. Nous verrons que, combinées avec d'autres forces et agissant sur des masses inclinées, elle a joué un rôle fort différent.

§ 36. *Des mouvements oscillatoires horizontaux en général.*

L'histoire des tremblements de terre actuels prouve que ces mouvements séismiques ont dû être fréquents aussi aux époques anciennes. Nous parlons surtout ici des oscillations, portant rapidement certaines parties de l'écorce terrestre dans un sens,

puis en sens opposé. Si l'on suppose un mouvement de ce genre, appliqué à un massif pélomorphe, traversé par le réseau diaclivaire, il est clair que les gerbes ébranlables sur leur base pourront éprouver, à la faveur des diaclives, de légers déplacements relatifs et froisser mutuellement leurs parois, du moins dans certains sens. De là, si cela a eu lieu, des parois diaclivaires demeurées intactes, c'est-à-dire thlasmées, d'autres froissées entre elles, c'est-à-dire tripsées, d'autres ramenées au contact, d'autres décollées de nouveau, etc. Tous les faits signalés jusqu'à présent indiquent bien que des phénomènes de ce genre ont affecté nos terrains durant l'époque pélomorphique. Mais tous ces faits dénotent-ils une norme quelconque? C'est ce que nous devons examiner.

§ 37. *D'une loi de position relative des diaclives tripsées et des diaclives thlasmées, dans le Jura central, et de son origine.*

Nous voici maintenant arrivés au moment de rechercher si, entre les diaclives thlasmées et les tripsées, il n'existe pas quelque rapport de situation habituel.

En traitant des diaclives, nous avons vu que, par districts limités, elles maintiennent respectivement leur parallélisme. Ainsi, dans la coupe du Jura central, courant du pied des Vosges par Montbéliard, Porrentruy, les Cluses de la Birse, de la Sorne, de la Suze, jusqu'aux côtes du lac de Bienne, *on voit la première diaclive principale se diriger à peu près du Nord au Sud, et la seconde de l'Est à l'Ouest;* ou, pour être plus exact, la première se diriger sur une aire entre N 20 E et N 20 O, et la seconde sur une aire entre E 20 N et E 20 O; de façon que, si l'on note un certain nombre de ces directions et qu'on prenne la moyenne, celle-ci indique sensiblement et respectivement le Nord et l'Est, avec un angle à peu près droit.

Or, *on reconnaît,* en même temps, qu'*habituellement les diaclives du rumb Nord sont tripsées et celles du rumb Est thlasmées ;* les parois de la première sont planées et cannelées, celles de la seconde esquilleuses. Il en résulte, naturellement, que les divisions produites par la première diaclive principale dans les massifs sont beaucoup plus nettes, à parois d'un aspect plus mural que celles de la seconde principale : c'est même ce qui nous les a fait classer en première et seconde, comme aussi c'est à ce fait que la première doit de former la *route* la mieux connue des carriers.

Si l'on étend cet examen à l'intérieur du réseau dans les diaclives secondaires et accessoires, on y retrouve la même loi. Dans la même gerbe, toutes *les secondaires et accessoires, parallèles à la principale tripsée, le sont également, et celles parallèles à la principale thlasmée, le sont de même ;* les vides diaclivaires des premières sont sensiblement diminués, ceux des secondes sont demeurés plus larges.

Il s'en suit, en général, qu'une gerbe prismatique se présente avec deux faces opposées, tripsées, et deux autres faces thlasmées; puis, avec toutes ses divisions intérieures, respectivement parallèles à ces faces également tripsées et thlasmées. De façon que la gerbe offre un aspect de division schistoïde dans le sens de la première principale, et un aspect de division plus inégale, plus grossière, plus rude et beaucoup moins frappant dans le sens de la seconde principale. (Fig. 32.)

Il en résulte, enfin, qu'une pareille gerbe éveille l'idée d'une compression de tout son massif, ayant agi perpendiculairement à la première principale, compression qui a froissé et plané toutes les divisions internes parallèles à celle-ci, tandis qu'il ne s'est rien passé de pareil en sens d'équerre, c'est-à-dire, perpendiculairement à la seconde principale, où les parois externes et internes parallèles sont demeurées intactes.

Quelle est l'origine de ce remarquable état de choses? On ne saurait en douter un seul instant : il y a eu compression et froissement mutuel des parois diaclivaires parallèles à la première principale : pour cela, il faut qu'il y ait eu mouvement, poussée, déjètement de la masse totale, perpendiculairement à ces plans.

Or, comment un mouvement de ce genre a-t-il pu exercer son action dans tout l'ensemble de puissants massifs pélomorphiques, occupant de vastes étendues?

Est-ce par une poussée générale et latérale des massifs dans une direction déterminée et avec une quantité de translation quelconque? Non, assurément, car ce procédé aurait fermé les premières diaclives principales, ce qui n'a pas eu lieu; l'existence de ces vides diaclivaires, comme aussi l'inégalité des résultats d'une gerbe à l'autre, prouve, au contraire, que le fait s'est passé dans chaque gerbe individuellement et indépendamment de toute nécessité de transmission de mouvement par les massifs adjacents.

On ne peut donc s'en rendre compte que par un mouvement oscillatoire de la base même du massif général, mouvement qui a pu, dès-lors, affecter chaque gerbe

pélomorphique, tremblant sur sa base partielle, d'où, froissement des parois de ses divisions internes dans un sens déterminé. Ainsi, dans les parties du Jura où le fait dont il s'agit est caractérisé comme nous l'avons vu, il faut supposer une oscillation (ou plusieurs) agissant de l'Est à l'Ouest et réagissant de l'Ouest à l'Est, ou réciproquement.

Cela est-il admissible? Assurément; et l'on peut parfaitement se faire une idée de la marche et des résultats d'une oscillation de ce genre en l'imprimant à quelque masse gélatineuse fissurée, avec cette réserve, toutefois, que le cas des terrains est infiniment plus favorable, puisque, les vides diaclivaires de retrait étant incomparablement plus petits, il n'a fallu qu'une très-petite quantité de mouvement pour en froisser les parois.

Soit une série de prismes (fig. 33) pélomorphiques, divisés entre eux par des fissures diaclivaires (infiniment plus étroites que les proportions de notre figure ne permettent de les représenter), posant sur la base générale AB et ébranlables, par conséquent, sur chacune de leurs bases partielles CD. Appliquons à la base générale une oscillation, c'est-à-dire un double et rapide mouvement horizontal, agissant d'abord d'Ouest en Est, puis d'Est en Ouest. Le premier de ces mouvements aura pour effet de tendre à projeter tous les prismes obliquement vers l'Ouest : or, dans cette projection, toutes sortes de conditions d'hétérogénéité dans les prismes ne permettent pas un parallélisme mathématique entre eux, et les vides diaclivaires étant relativement très-petits, il y aura froissement habituel entre les parois P et P', chaque paroi P donnant et chaque paroi P' recevant une compression et un frottement. Le second mouvement, tendant à ramener la situation originaire ou à la dépasser, les prismes seront projetés à l'Est avec un frottement entre les parois, chaque paroi P' le donnant, chaque paroi P le recevant.

Dans ces deux cas, pour peu qu'il y ait eu contact ou frottement, les esquilles des thlasmes auront passé à l'état de tripse, soit simplement plané, soit plané avec cannelures, soit modifié d'une manière intermédiaire en thlasmes tripsés.

En général, dans cette oscillation, les parois P P', ne pouvant avoir de mouvement relatif que dans le sens horizontal, les cannelures produites par l'aplanissement des thlasmes devront donner naissance à des tripses horizontaux ou à peu près; il

devra d'autant plus en être ainsi, que souvent l'émergence des épiclives a contribué à ranger horizontalement les esquilles des thlasmes.

Lorsque ce mouvement relatif aura été assez oblique, et surtout lorsque l'hydration aura été assez faible, le détachement des parois mutuellement tripsées a eu naturellement lieu sans décollement; en cas contraire, il peut y avoir eu désagglutination avec production de xécollèmes.

Si les oscillations se sont répétées, les premiers résultats ont pu être modifiés par les suivants, mais toujours d'après la même norme générale.

Dans tout cela, les diaclives d'équerre, à parois thlasmées, n'ont, en général, éprouvé aucune modification directement dépendante de l'oscillation dont il s'agit. Cependant, comme il y a pu avoir compression et allongement entre les parois tripsées, cette action a pu tendre à diminuer les vides thlasmés de la seconde diaclive principale, soit jusqu'à froissement mutuel, soit jusqu'à engagement des aspérités de leurs parois; toutefois, ceci n'est qu'une possibilité, dont la réalisation n'est que peu fréquemment justifiée par les faits, ce qui prouve que la compression entre les plans tripsés n'a pas été très-forte.

Tout ceci s'est passé ainsi dans des massifs à vides diaclivaires inoccupés et où des plaques ont pu se développer postérieurement. Mais, dans ceux occupés par les plaques spathiques, il a pu y avoir froissement et brisure de celles-ci, puis réouverture de vides diaclivaires nouveaux à côté des plaques demeurées adhérentes à l'une des parois, puis remplissage nouveau par une nouvelle plaque, et ainsi de suite.

Enfin, si la direction de l'oscillation supposée, au lieu d'avoir été perpendiculaire au plan d'une diaclive principale, lui a été oblique, on aura eu des résultats plastiques intermédiaires. En outre, même en la supposant perpendiculaire à l'une des principales, les résultats plastiques auront été intermédiaires sur tous les plans non exactement parallèles. Toutes ces modifications et d'autres encore, dans la partie du Jura dont nous parlons, ne font que mieux mettre en relief la régularité des faits généraux que nous avons signalés.

Dans tout ce qui précède, nous n'avons pas pris en considération le poids des masses superposées. Ces masses n'ont-elles pas été un obstacle à la mobilité pélomorphique, que nous supposons dans les gerbes partielles?

Avant de répondre à cette question, insistons de nouveau sur le caractère d'éminente mobilité de l'étoffe pélomorphique, caractère révélé par tous les faits déjà examinés. Rappelons ensuite que, vu la nature même d'une étoffe pélomorphique, une compression quelconque, mais telle qu'elle n'en détruit pas le caractère, ne saurait la priver de sa mobilité de détail, due à son degré de participation à la fluidité. Rappelons encore que, vu l'extrême ténuité des vides diaclivaires relativement aux masses, il a suffi, pour en froisser les parois, d'une très-faible quantité de mouvement, d'un très-petit déplacement relatif.

Maintenant, la pression verticale des masses superposées, envisagée indépendamment de toute oscillation horizontale, a dû produire des réductions de volume par compression, ce qui est, en effet, accusé par les corps organiques déformés et par les diapérasmes. Elle a agi comme une force verticale permanente, se consommant sans cesse contre la résistance des masses inférieures et trouvant en celles-ci une résistance d'autant plus grande qu'elles étaient moins divisées, d'autant moindre qu'elles l'étaient davantage, d'autant plus petite enfin, que ses fissures étaient moins verticales. Elle a donc tendu non seulement à fléchir les prismes verticaux insuffisamment larges ou résistants, mais encore à favoriser toute autre force, de nature à provoquer en eux quelque obliquité à la faveur des vides diaclivaires interjacents. Ainsi, on peut envisager la pression des masses comme une composante verticale, et la force oscillatoire comme une composante horizontale, dont la résultante a précisément déterminé la projection oblique des prismes dans la direction de cette force horizontale, avec plus d'intensité et de facilité que cette dernière ne l'aurait fait à elle seule. Si l'on pose un corps lourd sur une substance gélatineuse fissurée, capable de le supporter sans écrasement, et qu'on imprime une oscillation au tout, on se convaincra aisément que les résultats d'obliquation des masses partielles y seront plus faciles, et plus accusés qu'ils n'auraient été, toutes choses égales, sans le concours de cette adjonction de force. Qu'on nous permette une autre comparaison : un individu, couché et accoudé dans son lit, serait projeté sur la face par une trépidation séismique (on sait que ce fait s'est vu) plus vigoureusement, s'il portait un poids sur ses épaules, que s'il était libre de tout fardeau.

Enfin, quant à l'admissibilité du phénomène d'oscillation, elle est, comme on le

sait, plus qu'amplement justifiée par tous les faits de séismisme de l'époque actuelle.

Maintenant, terminons cet article en résumant ce qu'il renferme.

Par régions (dans le Jura central et peut-être dans tout le Jura) *la première diaclive principale est tripsée, la seconde thlasmée, et il en est de même des secondaires et accessoires respectivement homologues. Ce fait est le résultat de mouvements d'oscillation séismiques successifs, qui ont agi dans le même sens perpendiculairement aux diaclives tripsées.*

Les mêmes résultats de ces oscillations, ayant traversé tous les terrains du Jura jusques et y compris le néocomien, ne peuvent avoir eu lieu avant le milieu de l'époque crétacée.

Nous nommerons ce fait, dans le Jura central, le tremblement de terre des diaclives tripsées.

Il reste à examiner comment les choses, à cet égard, se sont passées dans les autres parties du Jura.

Ce fait prouve aussi, qu'il y avait encore pélomorphisme dans la série des terrains à la fin de l'époque néocomienne.

Enfin, tout ce qui précède fait naître le soupçon que la *constance de directions des diaclives* que nous avons signalée (du moins par régions) comme un fait, *pourrait n'être qu'une apparence, due au tripsement séismique de toutes les parois diaclivaires, dont les plans se sont trouvés le plus près de la position perpendiculaire à la direction de l'oscillation.* Ce tripsement, en mettant plus particulièrement ces diaclives en évidence, aurait donné au réseau un aspect plus régulier, qu'il n'aurait eu sans cette circonstance. C'est ce dont on se rendra mieux compte plus tard, une fois que ces faits auront été étudiés dans tout le Jura. Ceci, en attendant, pour justifier les réserves de notre § 18.

§ 38. *Du déjètement des diaclives.*

Dans l'article précédent, nous avons vu que la compression verticale des masses, bien loin d'empêcher les pélomorphoses des oscillations horizontales, les avait, au contraire, favorisées et avait agi concurremment avec elles. Or, nous avons, jusqu'à présent (§§ 13, 14, 15), envisagé d'une manière générale les diaclives comme moyennement

perpendiculaires aux épiclives, en faisant abstraction des irrégularités qui peuvent régner à cet égard. Nous voici arrivés au moment où nous devons les prendre en considération.

Si, dans une carrière du Jura central, on mesure les angles que forment les diaclives avec les épiclives, on remarque bientôt que les premières principales tripsées et plus planes, offrent plus de facilités à cet égard que les secondes principales thlasmées, moins planes et plus raboteuses. Néanmoins, on remarque aussi, ordinairement, que ces dernières, malgré leurs inégalités, sont, en moyenne, plus généralement perpendiculaires aux plans épiclivaires que les premières. On reconnaît que, très-souvent, les principales, tripsées par les oscillations, forment un angle sensiblement différent du droit avec leur base, et que cet angle se soutient dans le même sens chez ces diaclives à peu près parallèles. De façon, qu'en réalité, les gerbes, au lieu d'être perpendiculaires aux épiclives, ont leurs faces tripsées, inclinées ou déjetées à l'Est ou à l'Ouest. En outre, on constate bientôt que le même fait se répète dans les divers degrés parallèles du réseau diaclivaire interne, secondaire et même accessoire.

S'il se présente des parois sensiblement arquées, on reconnaît aussi qu'elles tournent la concavité de leur courbure du même côté que le déjètement. Si, parmi les autres, on trouve quelque diaclive plus anormale et plus oblique, c'est encore dans ce même sens que cela a lieu. En un mot, on remarque que, dans la même carrière, si les diaclives tripsées ne sont pas sensiblement verticales, les perpendiculaires menées du sommet de chaque paroi, tombent, soit toutes en dehors, soit toutes en dedans de la base de la gerbe. C'est-à-dire, enfin, que toutes les gerbes et leurs subdivisions, envisagées entre deux parois tripsées parallèles, sont déjetées dans le même sens et fort souvent arquées à concavité, regardant du même côté.

Pour peu que cet état de choses soit bien caractérisé, comme cela a lieu fort souvent, il éveille immédiatement l'idée qu'il est le produit d'une force latérale, combinée avec la compression verticale, dont la résultante a agi selon une direction inclinée à l'horizon sur un prisme originairement droit, pourvu d'une certaine flexibilité pélomorphique. On est conduit à penser, que le fait envisagé est, tout comme les tripses eux-mêmes, le résultat d'une oscillation avec pression, et probablement de la même que ces tripses. La figure 34 *a* complètera l'intelligence de ceci. Dans cette figure, MN repré-

sente la position prise par le prisme originaire MN', sous l'action de la résultante R, appliquée au centre de gravité *b*, résultante équivalente à l'action simultanée de la poussée horizontale O et de la pression verticale P. — On voit aussi que dans ce cas le prisme MN a dû, relativement à MN', diminuer de hauteur, circonstance qui ne peut naturellement s'observer sur le terrain, mais que l'on peut cependant constater jusqu'à un certain point, lorsque deux prismes adjacents sont, l'un demeuré vertical, l'autre devenu incliné, ce qui n'est pas rare.

Mais ce n'est pas dans une carrière que ce genre de faits est le mieux observable. Que l'on choisisse, en terrain horizontal, une ligne de rochers ou beaucoup mieux une ancienne tranchée de route [1], à peu près rectiligne et courant dans le sens de la seconde diaclive principale. On aura constamment devant soi les parois de cette seconde diaclive, divisée de distance en distance par les affleurements de la première, dont les angles avec l'épiclive, les déviations de la verticale et le sens de celles-ci seront alors parfaitement appréciables, soit simplement à l'œil, soit avec le fil-à-plomb. Voici ce qu'on y verra.

Ou bien les fissures diaclivaires se montreront, en général, sensiblement verticales, et alors il n'y a pas lieu à l'observation du déjètement; mais ce cas n'est pas le plus habituel.

Ou bien les fissures diaclivaires seront déjetées. Alors, en les suivant attentivement, on verra que sur une longueur plus ou moins considérable elles sont, soit toutes, soit en très-grande majeure partie, déjetées dans le même sens; celles qui n'obéissent pas à cette règle, faisant visiblement exception et étant le plus souvent seulement verticales. On remarquera surtout que s'il se présente des gerbes recourbées, ce qui est en réalité très-fréquent dans certains terrains, la concavité regardera dans ce sens; si l'on rencontre, de distance en distance, des diaclives beaucoup plus obliques que les autres, c'est encore vers cette direction qu'elles pencheront.

Si la tranchée n'est pas d'une grande longueur, d'ordinaire on n'y verra régner qu'un seul sens de déjètement. Mais si elle est plus soutenue, on verra souvent se succéder

1. Nous disons une *ancienne* tranchée, parce que, d'ordinaire, dans les tranchées fraîches, les diaclives plus ou moins hermétiquement refermées par syncollème, n'ayant pas encore été mises en évidence par la désagrégation météorique, échappent trop aisément à une observation, qui doit se faire à distance et non de tout près.

des déjètements en sens inverse, soit avec, soit sans intercalation de portions, demeurées verticales. Ce passage d'un déjètement à un autre, se fera, soit brusquement par la compression ou même la trituration de la roche intermédiaire (fig. 34, *b c*), soit après interception d'une région verticale (fig. 34 *d*); au contact de la dernière gerbe verticale avec la première déjetée, on verra souvent la dépression de hauteur éprouvée par cette dernière (fig. 34 *d*). Le tout offrira le phénomène général, que la figure 34 *e* est destinée à retracer.

Du reste et en outre, on reconnaîtra souvent, avec clarté, que la quantité de déjètement a varié selon l'aptitude à compression de l'étoffe des couches. Ce n'est nullement dans les assises les plus purement pélomorphiques que cette aptitude paraît avoir été la plus grande, mais, au contraire, dans les plus chargées de débris lithomorphes les plus clastiques, c'est-à-dire les plus susceptibles de réduction de volume par tassement, bien qu'à d'autres égards elles aient dû, toutes choses égales à une époque donnée, être plus voisines de la solidification. C'est le cas, par exemple, pour un bon nombre d'assises sableuses, ammitiques, de charriage et très-fossilifères, peu reliées par les étoffes pélomorphiques ou spathiques; c'est encore, certainement, le cas pour plusieurs étoffes marneuses, marno-sableuses, etc., et il y aurait, à cet égard, toute une étude à faire. C'est ainsi que, si l'on a sous les yeux une assise clastique intercalée à deux assises de calcaire compacte, on verra très-souvent la même ligne diaclivaire se déjeter beaucoup plus obliquement, en traversant la première, comme le représente la figure 34 *f*, dans laquelle l'assise pointillée est de charriage. — Mais il y a plus : c'est que souvent la quantité de réduction de la couche clastique intercalée a été, relativement à celles qui l'interceptent, tellement plus forte, qu'elle a détruit la continuité originaire de la ligne diaclivaire (fig. 34 *g*), en déjetant, selon *ab*, la portion de cette ligne qui traversait l'assise plus compressible, ce qui fait qu'au premier coup d'œil on ne saisit plus du tout les rapports primitifs qui reliaient les trois portions de cette ligne, maintenant brisée. Si l'on consulte la surface *d*, la paroi déjetée *ab*, que l'on trouvera, le plus souvent, tripsée, selon sa pente, puis les fossiles de deux couches supérieures et inférieures, que l'on reconnaîtra peu comprimés, puis, enfin, ceux de la couche clastique, que l'on verra puissamment comprimés et déjetées *dans le sens de la fissure*, on se convaincra bientôt que ce que nous avançons n'est nulle-

ment une hypothèse, et que réellement cette fissure oblique n'est autre chose que l'ancienne diaclive verticale déjetée.

Tout ce que nous venons de dire se rapporte à un système de couches peu puissant, suivi horizontalement. Ordinairement, dans un petit nombre d'assises, on verra régner le même déjètement sur toute la hauteur découverte. Mais, s'il s'agit d'un ensemble vertical de couches plus considérable, il pourra se faire que, tandis que sur une certaine épaisseur règnera un sens de déjètement, on verra le verticalisme ou le déjètement contraire dominer dans le reste du massif.

C'est-à-dire que, en envisageant ensemble d'un terrain ou de plusieurs étages, le même sens de déjètement n'en traverse pas toujours la série totale, mais qu'il offre, le plus souvent, au contraire, une alternative de verticalisme et de déjètements en sens opposés (fig. 34 *h*), le tout formant, du haut en bas, comme une sorte de zigzag, ce qui s'accorde bien avec l'idée qu'on peut se faire de ce genre de résultat dans une masse de couches d'inégal pélomorphisme, ébranlée par une commotion d'ensemble, combinée avec la pression verticale et avec toutes sortes de facteurs partiels, variables et de difficile appréciation.

Nous avons très-fréquemment observé le déjètement diaclivaire que nous venons de décrire, et nous le croyons à peu près habituel à divers degrés. Bien que nous l'ayons vu souvent varier sur de médiocres longueurs dans le sens horizontal (par exemple quatre fois sur deux kilomètres), et plus rarement dans le sens vertical (à cause des difficultés d'observation), nous sommes portés à croire que, dans une contrée, traversée par les diaclives tripsées de même direction et correspondant à des oscillations séismiques de sens déterminé, il offrira aussi, en moyenne, une certaine constance. Le sens dans lequel il serait reconnu avoir eu lieu, quant au résultat final, indiquerait aussi celui des oscillations, qui a prévalu. — Du reste, *le déjètement en lui-même, ayant eu généralement lieu dans le sens perpendiculaire aux diaclives tripsées, comme les oscillations qui les ont déterminées, ils se lient certainement d'une manière étroite à ce dernier phénomène, dont il est un des résultats, sous l'empire de la pression verticale.*

Nous avons, dans tout cet article, envisagé *le déjètement* dans des couches horizontales, ce qui prouve qu'il *a eu lieu indépendamment des grandes dislocations*. Toute-

fois, il ne se montre pas de même dans les terrains soulevés, et il nous reste à examiner jusqu'à quel point il a pu être modifié dans ce cas. C'est ce que nous verrons à l'article suivant.

Avant de quitter ce sujet, remarquons que ce que nous avons dit plus haut, relativement aux diaclives déjetées, conduit, en outre, à conclure en général, que *les fossiles, indépendamment de leur défiguration par compression verticale, en ont parfois, dans les couches déjetées, éprouvé une nouvelle dans un sens oblique.*

De façon, en outre, que le *sens du déjètement diaclivaire et son degré, indiquent fréquemment ceux des fossiles et que, réciproquement, ceux des fossiles révèlent ce qu'on peut attendre dans les diaclives, caractère utile à l'observation de ces dernières qui, dans ces sortes de cas, sont souvent devenues obscures.*

Faisons encore une remarque : c'est que, si dans la figure 34 *g*, du point *a* comme centre et avec un rayon égal à *ab*, nous décrivons un arc jusqu'à la rencontre de la verticale menée par *a*, *ac* sera l'épaisseur originaire de la couche clastique avant compression, et *cd* la quantité de celle-ci. Si l'on pouvait appliquer ce procédé à chaque couche déjetée de la série jurassique, on obtiendrait la puissance originaire du terrain et la quantité de compression éprouvée. Bien que, dans la très-grande majeure partie des couches jurassiques compactes, non clastiques, le déjètement soit, en général, peu considérable ou nul, comme les couches marneuses, clastiques, etc., ne laissent pas d'être nombreuses, il en résulte que la réduction de puissance originaire ne doit pas laisser d'avoir été considérable. Des calculs approximatifs font voir, que sur mille mètres des terrains de la chaîne du Jura, elle ne saurait avoir été moindre de cent mètres.

Terminons ce sujet, en répétant que ce que nous avons dit s'applique particulièrement aux diaclives tripsées dans le Jura central et que les modifications qui pourront se présenter, à cet égard, dans les autres parties du Jura, devront être mises en rapport avec le fait du déjètement. — Remarquons aussi que, même dans le Jura central, les diaclives thlasmées le plus souvent non déjetées, le sont aussi parfois et d'une manière soutenue, qui reste à mieux étudier et qui dépend probablement de ce que le déjètement peut, parfois, avoir agi diagonalement aux parois diaclivaires d'équerre. — Remarquons enfin, qu'en toute cette matière et bien que le déjètement soit cer-

tainement un fait acquis, il n'en est pas moins nécessaire de multiplier les observations relatives à ses proportions et manières d'être de détail. Dans ce genre de recherches, il est nécessaire que les observateurs évitent avec soin les illusions relatives aux mesures de l'angle dièdre des diaclives avec les épiclives et ne négligent point les diaclives syncollémiques, qu'on retrouve presque toujours avec un peu d'attention.

§ 39. *Du rôle des corps lithomorphiques empâtés dans l'étoffe pélomorphique, durant les mouvements de cette dernière et dans ses accidentations plastiques.*

Dans tout ce qui précède, nous avons fait presque entièrement abstraction des corps lithomorphes, renfermés dans l'étoffe sédimentaire. C'est ici le moment d'en examiner rapidement le rôle : il a été fort simple.

Rappelons d'abord que ces corps, qui existaient à l'état pierreux au sein des dépôts encore mols, sont des concrétions, des cristaux, des débris clastiques, des fossiles calcaires, pyriteux, quarzeux, des groupements moléculaires réniformes, etc. — Partout, les thlasmes, tripses, xécollèmes, diapérasmes, les ont rencontrés, résistant plus ou moins aux phénomènes de compression ou en y cédant par brisure et écrasement à la façon des corps solides. C'est ce que l'on voit de la manière la plus évidente et que l'on reconnaît surtout aisément dans les roches où ils sont peu nombreux. Ainsi, au milieu des crêtes d'un thlasme, des surfaces planes d'un tripse, des cannelures d'un diapérasme, on voit émerger le relief d'une oolite, d'un débris fossile, d'une veine spathique, d'une druse cristalline calcaire, d'un cristal de fer sulfuré ou oxydé, d'un rognon siliceux, etc., soit entier, soit brisé, soit usé à sec, mais jamais avec le caractère de plasticité de la pâte ambiante. (Fig. 35, *a*, *b*, *c*.)

Nous avons déjà remarqué ailleurs, que les diaclives ont fréquemment rompu et partagé les fossiles, dont on retrouve les deux moitiés symétriquement engagées dans les parois diaclivaires; il en est de même des autres corps lithomorphes de quelque volume, et c'est dans ces parois qu'il faut surtout observer leurs divers modes d'émergence.

C'est naturellement au milieu des thlasmes non modifiés, qu'ils se présentent le plus entiers, le moins dénaturés; on les voit fréquemment jaillir parmi les esquilles sous l'une ou l'autre des formes que nous avons énumérées plus haut, formes parmi

lesquelles les veines, géodes et autres groupements de calcaire spathique jouent le rôle principal.

Dans les diaclives tripsées, où ils se montrent aussi fréquemment, ils sont souvent empâtés et déguisés par le refoulement de l'étoffe pélomorphique ; à part cela, ils y émergent, brisés à sec, sans avoir éprouvé l'aplanissement ou les cannelures qui les entourent et en intersectent la circonscription en s'y arrêtant. D'autres fois, lorsqu'ils étaient de petit volume et peu engagés (par exemple les petits cristaux de fer), ils ont été traînés et ont eux-mêmes tripsé l'étoffe. Ailleurs, ils ont assez résisté pour protéger, sur une petite distance, la région de l'étoffe, située derrière eux par rapport au mouvement. (Fig. 35 *d*.)

Dans les diapérasmes, ils ont souvent servi de sommet inférieur ou supérieur aux colonnettes stylolithiques, et déterminé ainsi la circonscription de l'orifice, qui a filé leurs cannelures. Ils ont, du reste, résisté de diverses manières à la compression verticale, dont nous traiterons tout à l'heure, particulièrement en ce qui concerne les fossiles. (Fig. 35 *d*.)

Dans les cas précédents, il est rare que l'intensité du frottement ait été suffisante pour leur faire prendre, par l'action à sec de leurs propres fragments, quelque chose du poli et du cannelé, que l'étoffe ambiante a perçu plastiquement. Mais, dans les tripses épiclivaires où, par suite de la compression, le frottement était d'une grande énergie, les veinules et petites plaques spathiques ont assez souvent reçu un poli et des rayures de mêmes positions que ceux de la pâte sédimentaire et de caractère assez semblable, mais qui, néanmoins, examinés avec soin et sur un certain nombre d'exemples, révèlent toujours en moyenne quelque imperfection, provenant de brisure et d'écrasement à sec.

Si ces remarques se font le plus aisément dans les roches à pâte fine et à immixtion lithomorphique exceptionnelle, il est aisé de les étendre à celles où l'élément solide pierreux joue un rôle principal, comme les calcaires chargés d'oolites, d'ammites, etc., souvent encore cimentés par une solution spathique. Dans ces sortes de roches, tous les dessins de plastique pélomorphique se trouvent modifiés, altérés, rendus beaucoup plus imparfaits et moins saisissables, bien qu'ils ne puissent échapper à un observateur attentif, qui a préalablement pris connaissance des faits de ce genre

dans des roches plus exclusivement vaseuses. Il se rend dès-lors aisément compte, que les esquilles, les crêtes, les cannelures, les polis, etc., sont modifiés par la persistance solide, l'usure, l'écrasement, la pulvérisation à sec des parties dures, tandis que les formes plastiques, dont il saisit cependant l'ensemble, sont dues à ce qui existe d'étoffe pélomorphique pour lier le tout, et qu'elles se montrent d'autant mieux que celle-ci est plus prédominante.

Du reste, nous avons déjà vu ailleurs, à propos de la plasticité pélomorphique des diverses roches, qu'elle va en diminuant avec l'augmentation de l'élément clastique, pour disparaître lorsque celui-ci règne exclusivement.

§ 40. *Du rôle des fossiles en particulier, comme corps lithomorphes, dans les phénomènes de compression verticale.*

La manière dont les fossiles se sont conduits sous le poids de la compression verticale mérite d'être examinée spécialement. Leurs formes déterminées permettent d'arriver à certaines conclusions, que nous ne devons pas négliger. Bornons-nous à parler ici des coquilles : on étendra aisément ce que nous allons en dire aux autres classes de restes organiques.

Lorsqu'une coquille s'est déposée au sein de l'étoffe pélomorphique, elle y a été enfoncée soit entière, soit brisée. Dans ce dernier cas, la manière d'être de la brisure, quand bien même il y aurait eu écrasement, n'en est pas moins celle d'un corps lithomorphique, qui se divise en fragments aussi petits, multipliés et comprimés que l'on voudra, mais ne portant jamais ni dans l'ensemble ni dans le détail de la configuration finale le caractère de mollesse plastique.

On sait avec quelle exactitude les tests minéralisés donnent, en général, les détails d'une coquille. On sait également avec quelle fidélité les moules intérieurs ou extérieurs en reproduisent les détails internes ou externes. De façon que ces moules n'accusent pas moins rigoureusement toutes les particularités de fragmentation, que ses traits originaires à l'état d'intégrité.

Il en résulte que, lorsqu'une coquille, à l'état organique ou minéralisée, a été écrasée, le moule intérieur de celle-ci doit signaler cette circonstance et ne saurait porter exclusivement les caractères d'une compression plastique sans empreintes

aucunes des brisures du test. Par la même raison, *lorsqu'un moule intérieur, actuellement dépourvu de test, se présente comprimé à la manière pélomorphique, pourvu des mêmes empreintes normales, qu'il offrirait à l'état non comprimé et dépourvu, au contraire, de toutes traces d'empreintes de brisures quelconques, c'est que ce moule, après avoir été modelé dans la coquille non défoncée, a reçu son caractère de compression molle après la disparition du test de celle-ci.*

Cela posé, parmi les coquilles, qui composent la faune d'une couche, on peut distinguer : 1° Celles à test conservé et minéralisé ; 2° celles à test disparu, c'est-à-dire, à l'état de moule.

Dans certaines couches, les unes et les autres se présentent avec des formes suffisamment entières ou des écrasements suffisamment caractérisés comme résultat de brisure lithomorphique, pour n'éveiller l'idée d'aucune déformation plastique, due à la compression verticale. Mais dans certaines autres couches, les fossiles à test conservé se montrent entiers ou brisés à sec, sans défiguration plastique, tandis que les fossiles à test disparu, c'est-à-dire les moules (internes et externes) se présentent remarquablement pourvus de tous les caractères plastiques de cette compression, savoir l'aplatissement mou, sans traces d'empreintes des brisures du test disparu et, au contraire, avec les empreintes normales du test entier.

Ainsi, par exemple, dans le même banc porlandien, les *Ostrea*, *Terebratula*, *Pinna*, *Perna*, *Spondylus*, etc., ont leurs tests minéralisés, tandis que les *Natica*, *Trochus*, *Pterocera*s, *Pholadomya*, *Cardinia*, etc., n'en offrent plus de traces ; les uns et les autres fossiles de ces deux catégories respectivement caractérisés, comme nous venons de le dire. (Fig. 36 *a*.)

Que faut-il conclure de là ? que, *lorsque la compression verticale s'exerçait : 1° les tests des premières existaient à l'état minéralisé, jouant le rôle de corps lithomorphique ; 2° qu'au contraire, les tests des seconds n'existaient plus, avaient déjà disparu.*

Ceci conduit à une autre conséquence importante. Puisqu'au moment de la compression il y avait pélomorphisme suffisant pour permettre la déformation plastique des moules, et qu'à ce moment les tests avaient disparu, *il y a donc eu pélomorphisme durant tout le temps nécessaire, soit à la minéralisation, soit à la dissolution des tests.*

Diverses considérations fortifient ce résultat : nous nous bornerons aux deux sui-

vantes. — Non seulement, à l'époque de la compression, les tests étaient déjà minéralisés, mais la plupart (toutes?) des séparations cristallines étaient déjà formées au sein des masses pélomorphiques. En effet, lorsqu'un moule comprimé a renfermé dans son intérieur un groupement cristallin, ce moule a résisté à la compression : c'est ainsi que des nérinées se montrent entières dans la partie de leurs tours, occupée par une géode calcaire et aplaties dans le reste de leur longueur (fig. 36 *b*). — Une autre considération est celle-ci. Les moules sans test, bien que hermétiquement adhérents à l'étoffe ambiante, en sont cependant souvent séparés par une légère teinte, qui tient la place du test, excessivement amincie et qui est souvent de même aspect que l'enduit épiclivaire ; malgré cela, il a évidemment fallu que l'étoffe ambiante pût combler le vide en s'appliquant sur le moule. Mais il y a plus : c'est que souvent aussi cette teinte a totalement disparu, et alors il y a continuité tellement parfaite entre le moule et l'étoffe, que l'isolation du premier devient impossible (fig. 36 *c*). Fréquemment, un fossile isolable partiellement, se montre ainsi fondu dans les autres parties de sa circonscription, devenues invisibles. On comprend combien ce fait est démonstratif de l'existence du pélomorphisme, au moment de la dissolution des tests. Aussi est-il probable que de nombreux fossiles ont ainsi totalement disparu ; d'où diverses conséquences importantes, qui ne sauraient trouver place ici.

§ 41. *Du mouvement dans les petites failles et des situations relatives des masses faillées.*

Nous traiterons plus tard des failles envisagées en grand et orographiquement ; mais nous devons en dire un mot ici à un autre point de vue. En réalité, dans tout ce qui précède, nous avons examiné un grand nombre de cas où il y a faille, c'est-à-dire discordance après séparation. En effet, indépendamment des failles dont on s'occupe ordinairement et qui sont un des éléments des grandes dislocations, le réseau diaclivaire et d'autres fissures irrégulières encore offrent une foule de failles de petite échelle, que l'on mentionne rarement. Il y en a qui traversent des séries de couches plus ou moins considérables, d'autres une couche seulement, d'autres des subdivisions moins puissantes encore, mais toutes sans traverser, en réalité, la masse du terrain. Ce sont ces sortes de failles, qu'on voit si souvent à découvert dans les petites tran-

chées artificielles, où elles offrent divers cas difficilement intelligibles au premier abord. Il est rare que leur discordance dépasse quelques décimètres. Dans une contrée où l'on ne connaît pas à fond les caractères distinctifs de toutes les assises, ces failles échappent aisément à l'observation : on les voit se multiplier à mesure que l'on est plus à même de constater si une couche placée dans le prolongement apparent d'une autre en diffère réellement.

Voici quelques-unes des manières selon lesquelles elles se présentent le plus habituellement, et ce, dans les terrains horizontaux. Le principe de leur production est celui-ci. Une gerbe, mal soutenue du côté de l'une de ses diaclives, glisse obliquement sur un plan incliné (fissure anormale, *cavalier*), formé à l'intérieur de l'étoffe pélomorphique et descend d'une certaine quantité, laquelle n'est jamais très-grande, parce qu'elle est bientôt arrêtée par la paroi diaclivaire adjacente. Il en résulte des enchevêtrements, comme ceux de la figure 37 *a* et *b*, dans lesquels le pointillé représente la position originaire de la portion détachée qui a glissé sur le plan *ab*, à la faveur du vide diaclivaire *bc*.

Ce qui explique ce mécanisme, c'est que la diaclive *cb* est refermée par le contact des masses, et puis que les surfaces de glissement *ab* sont puissamment tripsées.

Souvent aussi, des failles de ce genre se forment sur les bords d'un abrupte d'ablation et à la faveur de celle-ci, figure 37 *c* et *d*; alors elles peuvent être de beaucoup plus grande échelle et la gerbe glissée peut avoir entièrement disparu. Mais, dans ce cas, comme dans le précédent, les surfaces de glissement sont fortement tripsées. Ces surfaces qui, du reste, peuvent affecter toutes sortes de positions, sont fréquentes dans les carrières de certains districts jurassiques, ou même, comme nous l'avons déjà dit, elles sont désignées par des noms vulgaires.

Ces accidents, qui ont lieu sur une médiocre échelle, se reproduisent en grand nombre avec des proportions plus petites dans les détails de dislocation des assises morcelées.

Lorsqu'on a devant les yeux une épiclive découverte sur une surface un peu étendue, si elle appartient à une couche horizontale morcelée ou surtout à une assise relevée et divisée avec ressoudement (fig. 37 *bis*), on se convainc que les morceaux ainsi recollés font très-souvent faille entre eux, de manière à présenter des discordances de quelques millimètres jusqu'à un centimètre et même au-delà. Or, ici, ce sont des

failles d'une nature particulière, que nous avons déjà caractérisées et désignées sous le nom de *faillules*. Ainsi, dans la figure 7, qui représente la coupe d'une couche pareille, divisée en masses discordantes *a*, *a'* *a''*..., séparées entre elles par des fissures *f*, *f* *f'*, cette couche, c'est-à-dire l'ensemble de toutes les fragmentations *a*, *a'*, *a''* n'en repose pas moins sur le plan épiclivaire, précédant AB tout comme si elle était entière. Les différences de volume et de relief des pièces *a*, *a'*, *a''*..... ne proviennent donc pas de leur déplacement proprement dit, mais de compressions relatives, différentes de leur étoffe pélomorphique, les unes ayant cédé plus que les autres. Cela est tellement vrai, que souvent les fissures *f*, *f'*, *f''*.... ne traversent pas entièrement la couche, ne se dessinent pas dans l'hypoclive, et qu'elles vont quelquefois en mourant, sans en rencontrer d'autres pour circonscrire un solide.

Si, au lieu d'avoir sous les yeux une vaste épiclive, on examine attentivement un simple échantillon de quelque calcaire compacte, à pâte fine et à fissures rectilignes nettes, comme les terrains jurassiques supérieurs en offrent abondamment (par exemple les calcaires schisteux lithographiques), on y retrouvera bien vite ces sortes de faillules dénoncées par la discordance de part et d'autre de la mince lame spathique qui les ressoude. On verra qu'elles y sont fréquentes et qu'elles rappellent tout-à-fait ce qui se passerait des deux côtés d'une brisure plane dans une gelée tremblante très-pure. Ainsi, on rencontrera, par exemple, des faits comme celui de la figure 8, dans laquelle *ab* et *cd* sont des fissures rectilignes, qui se perdent à la surface de l'épiclive; ce qui n'empêche pas ces fissures de traverser le feuillet lithographique et de laisser apercevoir clairement (quoique tout roule sur quelques fractions de millimètres) des changements de niveau relatif des deux côtés de leur cours dans le plan épiclivaire. On verra aussi qu'en suivant la fissure *dc* de *d* vers *c*, la quantité de discordance accusée va en décroissant jusqu'à se perdre totalement avec la fissure elle-même, ce qui indique l'extrême flexibilité de l'étoffe pélomorphique dans tous les sens.

Quant aux failles de grande échelle, dont nous nous occuperons plus loin, il suffira de consigner ici que tous les géologues, à qui il a été donné d'observer leurs surfaces de froissement, les ont trouvées tripsées, soit à cannelures, soit planes jusqu'au poli, de la même manière que dans tout ce que nous avons déjà vu : ces tripses des grandes failles sont même ceux qui ont presque exclusivement fixé l'attention.

CHAPITRE V.

MISE EN RAPPORT DES PÉLOMORPHOSES ET DES MOUVEMENTS QUI LEUR ONT DONNÉ NAISSANCE DANS LES MASSIFS RELEVÉS.

§ 42. *Remarques préliminaires.*

Nous avons déjà dit plusieurs fois que les accidentations plastiques, examinées dans les masses horizontales, se retrouvent, en général, de la même manière dans les masses inclinées. Cependant, cette identité n'est pas complète et il s'agit d'en examiner de nouveau quelques-unes des plus importantes pour y rechercher des lumières soit sur les mouvements qu'elles accusent, soit sur l'état pélomorphique à l'époque où s'est passé l'acte de relèvement des massifs.

On trouve donc, dans les masses et les plans diaclivaires et épiclivaires des terrains soulevés, tous les faits de plastique de détail déjà décrits, et dont quelques-uns leur sont propres, tels que les tripses épiclivaires. Tous ces faits s'y présentent, sauf quelques-uns, comme ayant préexisté au déplacement de l'horizontalité, comme n'étant point un résultat essentiel de ce déplacement, mais cependant comme ayant été modifié par lui, en divers cas, dans certaines limites.

La situation relative entre les diaclives tripsées et les thlasmées, continue à régner sans que rien n'indique, dans les nouveaux faits survenus, que des exceptions à la règle générale, exceptions correspondant à des cas reconnaissables.

La fréquence du déjètement diaclivaire continue à se montrer dans des proportions semblables à celles des terrains horizontaux, et l'on ne voit point, à cet égard, de modifications portant un cachet de généralité.

Tout annonce qu'au moment du relèvement des massifs, les grands traits de structure interne, reconnus dans la position horizontale, étaient quelque chose d'arrêté, de manière à ne plus y permettre d'altérations essentielles. Mais beaucoup de faits, néanmoins, annoncent aussi qu'il n'y avait ni solidité, ni résistance lithomorphique parfaite empêchant une nouvelle catégorie de résultats d'origine pélomorphique.

Nous voyons les massifs se replier en arcs partiels ou en voûtes entières, se briser en failles à parois puissamment tripsées, se morceler en détails à fragments accidentés de la même manière en petit, laisser leurs couches glisser les unes sur les autres en se cannelant, se planant, modifiant les thlasmes en tripses ondulés, etc.

Nous ne reviendrons pas sur ce que nous avons dit de la courbure : nous ne pourrions rien y ajouter. Mais il est quelques autres points qu'il s'agit de traiter à part.

Avant d'entrer en matière, rappelons rapidement quelques-uns des faits déjà signalés, et desquels découlent particulièrement les conséquences à établir.

1° Dans les couches soulevées, les tripses épiclivaires sont fréquents ou communs et paraissent généralement courir dans une direction qui se rapproche de celle de la plongée.

2° Ces tripses se montrent d'autant plus habituels, plus puissamment et plus uniformément accusés, que l'angle des couches est plus fort. On en voit déjà apparaître vers 15°, mais en petit nombre ; vers 45° ils deviennent habituels.

3° Ils n'ont jamais lieu dans toutes les épiclives de la série verticale d'un massif, mais de distance en distance dans cette verticale, et cela d'une manière variable, selon les roches, etc.

4° Les diaclives les plus parallèles à la plongée, sont elles-mêmes très-souvent tripsées de la même manière et avec des caractères particuliers.

5° Les diaclives les plus d'équerre à la plongée, sont souvent tripsées, ondulées et refermées par syncollème.

6° Tout indique que ces divers faits sont le résultat d'un glissement de couches les unes sur les autres, par suite de leur poids et à la faveur des vides diaclivaires, rectangulaires au glissement.

Cela posé ou rappelé, nous pouvons maintenant entrer en matière.

§ 43. *Du mode de glissement des couches les unes sur les autres, par suite de la position inclinée.*

Si l'on se représente un massif incliné, subdivisé par son réseau diaclivaire, on conçoit que celui-ci établit entre ses parois, à son intérieur, une multitude de vacuités prismatiques planes et étroites. Chaque couche isolée par ses deux épiclives et ses

systèmes diaclivaires, forme une sorte de parallélipipède à large base, reposant par son hypoclive sur l'épiclive de la couche immédiatement inférieure (fig. 37 *a*).

Par suite de la position inclinée du massif, chacun de ces parallélipipèdes élémentaires de la masse (quel que soit d'ailleurs le mode d'application de la force qui aura amené cette position) est sollicité par son poids à descendre, en glissant sur sa base. Ce poids peut être décomposé en deux forces, l'une perpendiculaire à cette base et produisant compression contre elle, l'autre parallèle à cette même base et efficace comme agent de translation dans ce sens et vers le bas : cette dernière est d'autant plus grande que l'angle des couches à l'horizon l'est davantage.

Si l'adhérence du parallélipipède par ses faces peut être vaincue par cette dernière force, et si, en même temps, la diaclive située vers le bas offre un vide réel, quelque petit qu'il soit (fig. 37 *b*), le solide glissera par son hypoclive sur l'épiclive sous-jacente, descendra de la quantité que lui permettra la vacuité, s'arrêtant, dans le cas le plus favorable, après fermeture de celle-ci. Dans ce mouvement, il tripsera ou pourra tripser à cannelures l'épiclive sous-jacente (et sur-jacente) et les diaclives latérales, puis à ondulations, la paroi de la diaclive qu'il a refermée. Toutes les fois que les adhérences, ou la compression, ou l'angle d'inclinaison, ou enfin les rapports de ces divers facteurs, n'auront pas permis de glissement, aucun des faits ci-dessus n'aura pris naissance.

Afin de simplifier, nous faisons abstraction d'un autre facteur, que nous réintroduirons plus tard.

Des faits de glissement ont évidemment pu se passer de cette manière, et il en est beaucoup qui, visiblement, se sont passés ainsi. Mais est-ce là le mode général qui a donné naissance aux tripses épiclivaires que l'on pourrait qualifier de normaux? C'est ce qu'il s'agit de reconnaître par l'examen même des faits. Il faut donc examiner les caractères des tripses épiclivaires et de ceux des diaclivaires qui paraissent y correspondre.

Tripses épiclivaires. Ce qui caractérise essentiellement le mouvement relatif que nous venons d'esquisser, c'est que chaque couche supérieure aurait glissé de haut en bas sur la sous-jacente. Il en résulte, qu'en envisageant un seul *tripse* comme accident isolé et individuel, produit *dans une épiclive* par la pointe traçante hypoclivaire, ce

tripse a été *décrit en descendant;* au contraire, en considérant un *tripse tracé sur l'hypoclive* par un point épiclivaire, ce tripse a été *décrit en montant.*

Or, lorsqu'on examine une épiclive puissamment et généralement tripsée sous des angles forts, on a ordinairement beaucoup de peine à isoler une cannelure pour l'envisager dans son individualité, ayant clairement une circonscription arrêtée, un commencement et une fin, et nous verrons plus loin pourquoi. Mais lorsqu'on applique ce genre d'investigation à une épiclive moins généralement et moins puissamment tripsée, sous un angle faible, surtout là où elle a encore conservé intactes des régions de l'enduit épiclivaire, et qu'on y parcourt un nombre de tripses suffisant pour permettre d'en saisir le caractère moyen, on remarque qu'ils présentent, disposée dans le sens de la plongée, une partie plus accusée et une partie plus faible. Si le tripse consiste en une cannelure creuse, celle-ci offre une extrémité plus approfondie et une autre plus superficielle, la première commençant par un abrupte, la seconde finissant par une dépression plus atténuée, la région intermédiaire faisant passage aux deux caractères. Si le tripse consiste en une décortication de l'enduit, plane et légèrement cannelée, elle présente un côté plus nettement circonscrit et un autre plus vague, le premier comme produit par rasement brusque, le second comme taloché. Bref, en général, dans un tripse, dont on peut isoler l'ensemble comme unité d'accidentation plastique, l'un des côtés porte un caractère initial, l'autre final; on y reconnaît une *origine* et une *désinence* liées par des cannelures plus ou moins accusées et parallèles, dont la moyenne peut être envisagée comme l'*axe* du tripse.

Cela posé, lorsqu'on examine attentivement des *tripses épiclivaires,* ainsi individuellement isolables, on trouve qu'*ils ont leur origine vers le haut et leur désinence vers le bas;* on reconnaît, au contraire, que les *hypoclivaires ont leur origine vers le bas et leur désinence vers le haut. Donc, entre deux couches consécutives, qui ont glissé l'une sur l'autre, il y a eu descente de la supérieure vers le bas,* ce qui est le caractère essentiel du mode de mouvement relatif à démontrer.

Tripses diaclivaires par glissement. Envisageons maintenant les tripses diaclivaires, développés dans les mêmes conditions. A cet effet, remarquons d'abord en général que, si l'on considère un seul parallélipipède mobile sur l'épiclive sous-jacente, il ne peut glisser qu'entre les deux parois diaclivaires de deux parallélipipèdes adjacents.

— Si ces deux *parois directrices* sont situées dans des plans parallèles à celui de la plongée (ce que nous avions implicitement supposé tout à l'heure pour simplifier) du massif, selon lequel la pesanteur tend à produire le glissement, on a le cas le plus favorable au mouvement qui pourra avoir lieu avec toute sa quantité, moins, sans doute, les frottements épiclivaires, mais (du moins théoriquement) sans frottement diaclivaire indispensable : c'est évidemment dans ce cas que les chances de puissance des tripses diaclivaires sont les moindres (fig. 37 *a*). — Si, au contraire, les parois directrices ont formé avec le plan de la plongée un angle plus ou moins fort (fig. 37*c*), il est clair qu'une partie de la force de glissement est venue se consommer dans leur rencontre, jusqu'à pouvoir devenir nulle, en même temps que, en cas de mouvement réalisé, *les chances de puissance des tripses diaclivaires ont augmenté avec cet angle*, ce qui est entièrement conforme aux faits observés. — Enfin, lorsque les parallélipipèdes adjacents ont glissé en même temps que le parallélipipède, envisagé d'abord comme seul mobile, plus ou moins vite que lui, il s'est produit de ces intermédiaires, lesquels, néanmoins, n'offrent rien qui ne rentre dans les considérations précédentes. Mais, dans tous ces cas, tant que les divers parallélipipèdes auront glissé sur un même plan, ils auront décrit des *tripses parallèles, non pas à la plongée, mais aux arêtes de la paroi diaclivaire directrice*. C'est ce qu'on remarque généralement.

Ensuite, chaque point de la paroi diaclivaire en mouvement aura décrit, sur l'adjacente fixe, un tripse dont l'origine est en haut et la désinence en bas; tandis que chaque point de l'immobile aura tracé, sur celle en mouvement, un tripse dont l'origine regarde le bas et la désinence le haut. En cas de mouvement simultané, il y aura eu des résultats intermédiaires, la paroi du moindre mouvement jouant à cet égard le même rôle que la fixe dans le cas précédent. — Ici, le mécanisme étant plus complexe, la mise en rapport avec les faits observés est plus difficile ; et comme les parois peuvent déjà se trouver tripsées de l'époque des oscillations, il est d'autant plus malaisé de remonter des effets plastiques aux couches probables de mouvement. — Cependant, comme dans une foule de cas les tripses de soulèvement, nés d'un frottement plus intense, sont plus vigoureusement accusés, ils se distinguent de ceux-ci à un facies particulier, dont nous reparlerons. Dès-lors et dans les cas où l'on peut isoler suffisamment des tripses de ce genre (et ce sont ceux où le contact a été incomplet),

on voit clairement que, *lorsque dans l'une des parois les principales origines sont en haut avec les désinences en bas, l'inverse a lieu dans l'opposée*, ce qui s'accorde avec le mode de mouvement en discussion.

Après cela, il est, on le conçoit, souvent arrivé que, par suite de la dislocation des massifs, deux parallélipipèdes des adjacents ont pu cesser d'avoir leurs bases dans le même plan, les plans de celles-ci faisant entre elles un angle plus ou moins aigu, sans que, pour autant, la contiguité originaire ait cessé d'avoir lieu. Dès-lors, une pointe traçante d'une paroi en mouvement, au lieu de décrire sur son adjacente des tripses parallèles aux arêtes de celle-ci, les menait parallèlement à ses propres arêtes, c'est-à-dire, formant avec les premières précisément le même angle que les deux plans bases entre eux. C'est ce qui est arrivé fréquemment, comme le représente la figure 37 *d*.

Il nous reste à examiner celles des diaclives qui, étant dans la direction la plus rapprochée de la perpendiculaire à la plongée (fig. 37 *b*), ont été plus ou moins rétrécies ou refermées par le glissement. Nous n'avons rien à en dire, si ce n'est que souvent elles sont talochées à tripses, ondulés par la simple compression, ou reliés par syncollème, mais que souvent aussi elles ne sont que peu ou point modifiées, et ce, par plusieurs raisons principales : — 1° Elles n'ont point essentiellement éprouvé de frottement, puisqu'il n'y a pas eu mouvement relatif dans le sens de leurs plans entre les accidents des deux parois, amenées au contact. — 2° Parce qu'une portion considérable de l'intensité de glissement devait déjà être amortie par les froissements diaclivaires et épiclivaires. — 3° Parce que cette intensité a même pu être en totalité consommée avant la rencontre des parois. — En effet, on remarque que, du moins *dans les angles moyens, plus les tripses diaclivaires et épiclivaires sont vigoureux, et moins les parois de la diaclive d'équerre ont été modifiées*.

Première conclusion. En général, on voit que tous les faits relatifs aux tripses diaclivaires et épiclivaires dans les couches soulevées, sont expliqués par le mode de glissement que nous avons supposé. Et puis, si même il a existé d'autres modes de glissement, celui-ci a nécessairement, dans certains cas, dû avoir lieu en compliquant l'autre et en modifiant le résultat final.

Hypothèse d'un autre mode de glissement. Nous ne connaissons qu'une autre sup-

position à faire et qui a été faite en effet. On s'est quelquefois représenté la masse des couches soulevées comme tournant autour d'une charnière générale ou plutôt d'autant de charnières partielles qu'il y a d'assises ayant agi individuellement. Dans ce mouvement, qui serait à peu près celui du relevant quelque peu forcé et courbe de la masse des feuillets d'un livre, il se ferait dans chaque couche inférieure, relativement à la supérieure, *une retraite*, comme nous le voyons à la tranche entre les feuillets consécutifs; chaque point épiclivaire inférieur, originairement contigu à un hypoclivaire supérieur, éprouverait, par rapport à ce dernier, un mouvement relatif de descente vers la plongée. — Mais, sans examiner ce qu'il y a d'impossibilités physiques dans le jeu de cette charnière idéale devant permettre d'atteindre des angles quelconques entre zéro et 90°, l'inspection seule des tripses épiclivaires prouve que la chose ne s'est point passée ainsi. En effet, leurs caractères seraient exactement l'inverse de ceux que nous avons reconnus plus haut. L'origine des tripses de l'épiclive serait en bas et la désinence en haut; l'origine de ceux de l'hypoclive serait en haut et la désinence en bas. On s'en convaincra aisément en faisant mouvoir l'un sur l'autre deux volumes posés sur leur plat, l'inférieur relevant le supérieur à frottement, et en y envisageant la marche relative de deux points originairement contigus, se distançant dans ce mouvement.

Il est encore plusieurs autres difficultés, contre lesquelles cette hypothèse viendrait se heurter. Bornons-nous à celle-ci. Nous avons dit que les tripses épiclivaires sont d'autant plus habituels et importants que les angles de relèvement sont plus forts. S'ils devaient leur origine au glissement en retraite, il n'en serait pas ainsi et ils n'auraient évidemment pas moins lieu sous des angles faibles que sous les autres, etc.

Et puis, enfin, si même dans le détail et non dans le fait général, ce mode de glissement avait eu lieu parfois, ainsi que nous l'avons observé, l'autre ne l'aurait pas moins accompagné, passé certains angles.

Conclusion finale. Il faut donc en revenir au premier mode de glissement. Il faut se représenter la naissance des tripses non pas comme due au glissement forcé d'une couche sur une autre qui la relève; au contraire, ***il faut envisager les massifs inclinés comme relevés en masse autour,*** non pas d'une charnière, mais d'***un ploiement concave vers le zénith, sans mouvement essentiel et nécessaire d'une couche à l'autre, mais avec***

glissement accidentel, bien que très-fréquent des couches les unes sur les autres, à la faveur des vides diaclivaires d'équerre à la plongée, et lorsque le degré d'adhérence et l'angle des parois directrices avec la plongée l'ont permis, ce qui a eu lieu, toutes choses égales, d'autant plus généralement et plus puissamment que l'angle du relèvement a été plus fort.

Si, sur une surface plane on dispose, à presque juxta-position, plusieurs rangs de briques parallélipipèdes empilés, encore pélomorphiques; que l'on arrose légèrement l'un ou l'autre de ces rangs pour détremper les surfaces; qu'on encaisse le tout latéralement; qu'on recouvre d'un lambris chargé de poids quelque peu considérables, enfin, que cela fait, on relève rapidement le massif sous un angle fort, il se passera dans son intérieur des faits de glissement et de tripsage, du moins épiclivaires, analogues à ce que nous venons de décrire. L'expérience serait plus complète encore, si elle se faisait sur une étoffe argileuse très-fine, avec des parallélipipèdes fragmentés par arrachure et après une oscillation horizontale, préalablement imprimée à toute la masse.

§ 44. *Examen spécial du mécanisme des tripses épiclivaires.*

Ce genre d'accident est si important en orographie jurassique, et nous aurons de si utiles conclusions à en tirer, qu'il est nécessaire d'examiner de plus près le mécanisme qui leur a donné naissance.

Remarque préliminaire. Il est évident, d'abord, que les tripses épiclivaires seront situés dans des plans parallèles à la diaclive directrice et seulement dans celui de la plongée, au cas où il sera parallèle à celle-ci.

Si les diaclives directrices ne sont pas planes et droites, les tripses en dessineront les ressauts, jarrets et sinuosités, en tant que celles-ci auront elles-mêmes résisté au tripsage diaclivaire.

Comme à l'initiative du mouvement, il y a eu ou pu y avoir souvent attaque de relief ou rupture de syncollème, l'origine portera un caractère particulièrement net et abrupte. Comme, à la suite du mouvement, il a pu y avoir refoulement et transport de substance successivement atténuée par compression, la désinence portera un caractère particulièrement atténué et diffus. C'est ce que nous avons déjà vu.

Sens de la longueur. Si l'on se représente une pointe hypoclivaire, d'abord sans

dimensions, traçant une ligne sur l'épiclive sous-jacente, celle-ci sera égale en longueur à toute la quantité de mouvement M, ni plus, ni moins. — Si l'on rend à cette pointe hypothétique une dimension en longueur L, dans le sens du mouvement, la ligne décrite sera égale à la quantité de mouvement plus cette longueur, c'est-à-dire à $M+L$. — Si l'on suppose ensuite deux de ces reliefs hypoclivaires, consécutifs dans la ligne du mouvement, le premier de longueur L, le second L' et espacés d'une quantité E, ils décriront un système linéaire, dont la longueur totale sera $M+L+L'+E$; Si M est $>$ E ou seulement $> 1/2$ E, cette ligne sera continue : elle sera interrompue en cas contraire et formera deux accidents linéaires distincts, situés dans le prolongement l'un de l'autre. — Si, enfin, on se représente plusieurs de ces reliefs consécutifs, ainsi situés dans la ligne du mouvement, ils décriront de même un seul système linéaire continu ou interrompu, selon les rapports qui existeront entre leurs espacements partiels et la quantité de mouvement; et, pour peu que ceux-ci soient moindres que cette dernière, le tracé sera continu. *Or, les points d'inégal relief ou dureté de l'hypoclive, qui ont joué le rôle de relief traçant, étant habituellement, on le conçoit, fort rapprochés, il en résulte que, malgré une très-petite quantité de mouvement, les cannelures se montrent d'ordinaire sans interruption sur de notables longueurs*, éveillant ainsi à tort l'idée d'un mouvement beaucoup plus considérable qu'il n'a été nécessaire pour les produire.

Sens de la largeur. Si, de même, l'on rend à la pointe traçante une largeur *l*, il est clair que cette largeur sera celle de la cannelure. Dans la supposition des deux pointes consécutives à largeurs *l* et *l'*, on aura trois cas à considérer. Si $l = l'$, la largeur de la cannelure sera partout la même. Si *l* est $>$ ou $<$ que *l'*, la largeur sera d'abord l sur une partie du trajet, puis l' sur l'autre, c'est-à-dire, soit d'abord plus grande, puis plus petite, soit d'abord plus petite, puis plus grande. Mais comme, par suite de la continuité (dans le cas habituel) en longueur, une partie du parcours de l'une empiète sur une partie du parcours de l'autre, *toutes les fois que ces largeurs se succèderont en descendant du plus petit au plus grand*, le plus petit effet se perdant dans le plus grand, *il y aura un vide égal à leur différence.*

Sens de la profondeur. Enfin, si l'on rend au relief traçant une épaisseur P, qui peut être, si l'on veut, la perpendiculaire menée de son sommet sur le plan hypoclivaire moyen, on complètera ce qui précède. Dans le cas d'un seul relief, la puissance

de la cannelure produite en profondeur sera une fonction quelconque de P, que nous pouvons nommer H. Dans le cas de deux reliefs, dont le second a pour hauteur P′, et toutes choses égales d'ailleurs, la profondeur de la cannelure sera d'abord H, puis H′, fonction semblable de P′; c'est-à-dire que, selon que P sera égal à P′, plus grand ou plus petit que lui, il en sera de même de H, par rapport à H′, ou enfin que la cannelure sera successivement soit également, soit plus, soit moins profonde dans les deux parties de son trajet. Mais, vu l'empiètement d'une des parties du parcours sur l'autre, *là où, en descendant, un plus petit effet aura succédé à un plus grand, il s'y sera perdu, en laissant un vide.*

Individualité des tripses et quantité de mouvement. Il résulte de ce qui précède, que dans des épiclives tripsées d'une manière générale et continue, il est, le plus souvent, fort difficile de démêler la longueur réelle du tripse, produit par une pointe traçante supposée.

Il est clair aussi que, plus la quantité de mouvement a été grande et plus il est mal-aisé de reconnaître l'*individualité* dont il s'agit, puisqu'il s'est produit des empiètements continuels, qui compliquent le dessin. Or, comme il y a eu d'autant plus de chances que la force de glissement ait sorti tout son effet *là où il y a eu les plus grands angles*, il en résulte que c'est dans le cas de ceux-ci que *cette individualité a le plus disparu* sous les complications, tandis qu'*elle a pu se conserver dans les angles faibles*, où il y a eu une moindre quantité de glissement, et, comme nous le verrons plus loin, une moindre compression entre le poids et l'agent de relèvement. — Toutes les fois que nous avons pu la mesurer, nous ne l'avons jamais trouvée que d'un petit nombre de centimètres au plus, la moyenne n'étant que de quelques millimètres.

Déviations de la forme rectiligne. Lorsque la diaclive directrice, au lieu d'être sensiblement plane et droite, a présenté des inégalités trop notables pour être entièrement amorties ou planées par le frottement, le massif mobile a pu cesser de marcher parallèlement à lui-même et *un système de cannelures anguleux aux premières lui succéder, soit brusquement, soit par une courbe ;* c'est ce qui se voit fréquemment. Dans ce mouvement, le massif glissant ayant nécessairement tourné plus ou moins sur la base fixe, il en est résulté désemboitement des cannelures hypo- et épiclivaires avec ou sans destruction ou modification, mais *avec nouvelle production de vides* plus considérables encore que ceux que nous avons déjà envisagés.

Vide par non-réduction de reliefs épiclivaires. Tout ce qui précède suppose que les reliefs hypo-épiclivaires se sont, dans le glissement, mutuellement réduits par compression et refoulement à une sorte de plan moyen, qui a maintenu le massif mobile et le fixe à des distances égales, aussi petites que l'on voudra; mais il n'en est rien. Il a suffi de l'un ou l'autre des reliefs inégalement vaincu, pour créer, au-dessous de lui et momentanément, une distance plus grande qu'au-dessus et, partant, un vide qui a pu être fort notable et dont les parois ne sont pas moins pourvues de tripses, nés dans la portion précédente du trajet de glissement.

Autres causes de vides épiclivaires. Parmi d'autres causes de vide entre l'épiclive et l'hypoclive, qu'il serait trop long de détailler, bornons-nous à signaler encore celles qui ont nécessairement résulté du glissement entre couches courbes, toutes les fois qu'un élément à plus fort rayon devenait contigu à un plus faible, etc.

Plaques spathiques hypo-épiclivaires. Lorsqu'on a sous les yeux des tripses diaclivaires, notamment dans des terrains très-inclinés, on est frappé de ce qu'ils sont très-fréquemment incrustés de plaques spathiques, le plus souvent peu puissantes, il est vrai, mais qui font naître la question: Comment, entre deux contacts assez étroits pour produire tripse, sans que rien n'indique un distancement postérieur des masses superposées, les vides nécessaires à ces remplissages ont-ils pu prendre naissance? Ce qui précède répond entièrement à cette question. Les vides se sont formés *nécessairement* par l'empiètement des tripses inégaux, puis plus accidentellement par l'inégalité persistante des reliefs tripsés, les inégalités d'angle de glissement, la non-planification des surfaces, etc. Ici, comme dans les diaclives, et, à plus forte raison encore, les eaux chargées de la substance spathique ont transsudé, filtré par les pores de l'étoffe pélomorphique comprimée, occupé toutes les cavités d'autant plus hermétiquement que celles-ci étaient de petit volume, enfin cristallisé au sein des massifs. — Du reste, ici comme dans les diaclives, quoique moins fréquemment, on rencontre aussi des *plaques doubles* (et peut-être multiples) qui accusent des déplacements successifs.

§ 45. *De la dislocation diaclivaire des massifs relevés.*

Tout ce qui précède fait voir aussi que du relèvement il est résulté une véritable dislocation interne dans les massifs, au point de vue du réseau diaclivaire. Dans la

simple oscillation, les bases générales des masses et partielles des gerbes avaient conservé leurs positions relatives, tandis qu'ici ces rapports se sont modifiés. Quelque petites que soient les quantités de déplacement relatif des parties, qui se sont effectuées dans ce changement, il a dénaturé le réseau diaclivaire primitif. Néanmoins, tout en profitant du jeu que celui-ci lui fournissait, il a d'ordinaire tendu à resserrer les vides du plexus, plutôt qu'à le relâcher. C'est ce qui fait que, malgré leur dislocation réelle (encore fort augmentée par le morcellement de détail dont nous allons parler bientôt), les couches relevées, plus refoulées et en quelque sorte réagglutinées dans toutes leurs fissures, présentent souvent une apparence extérieure plus compacte, un aspect plus massif, une moindre évidence des plans diaclivaires que cela n'a lieu dans des couches horizontales.

§ 46. *Du morcellement.*

Nous avons également annoncé ailleurs que les couches soulevées présentent aussi des faits de morcellement irrégulier. En effet, dans les districts à couches très-redressées et sur de grandes étendues, il est parfois difficile d'ouvrir une carrière qui fournisse des pierres de taille compactes, résistantes et non gélives, et ce, dans les mêmes étages horizontaux qui, à quelque distance, en fournissent de bonne qualité. Si, dans ces sortes de districts, on trouve à découvert, ce qui arrive fréquemment, de grandes surfaces épiclivaires, on y voit se dessiner par mille fissures anormales, faillées et ressoudées, un morcellement beaucoup plus grand que cela n'a lieu dans les mêmes roches non relevées [1]. On conçoit, en effet, que le redressement des massifs n'a pu avoir lieu sans un ébranlement assez considérable, qui a pu avoir pour effet cette dislocation de détail dans la masse pélomorphique, écrasée, du reste, par le poids des couches supérieures; il est possible même que ces ébranlements se soient répétés et que les massifs, avant d'arriver à leur position finale, aient éprouvé des alternatives de relèvement et de rechutes, qui auront puissamment concouru à ce résultat Ce qui vient encore à l'appui de tout ceci, c'est que fréquemment des gerbes plus ou moins considérables ont été non seulement morcelées, mais les morceaux froissés entre eux

1. Morcellement qui rappelle en grand celui d'un échantillon de roche brisé par un coup de marteau (c'est-à-dire une commotion), appliqué de manière à porter sur son ensemble.

et réagglutinés en brèche, visiblement en dehors de leur enchevêtrement originaire. L'agent de ces réagglutinations est le plus souvent spathique, souvent aussi ferrugineux.

§ 47. *De la compression dans les couches inclinées.*

Nous avons déjà jeté un coup-d'œil sur le rôle de la compression dans les couches pélomorphiques à l'état horizontal, avec ou sans le concours d'oscillations latérales; nous allons essayer la même appréciation dans le cas du relèvement des massifs.

Si l'on envisage momentanément des couches à l'état horizontal ou incliné comme posées sur un plan fixe et de résistance absolue, la quantité de compression qui les sollicite est représentée uniquement par leur pesanteur ou par la composante de celle-ci, estimée sur la perpendiculaire à leur plan. Mais, si l'on suppose au-dessous de ces massifs une force d'application qui a été capable de les relever, celle-ci contribue encore à la compression de toute sa composante, estimée de même selon la perpendiculaire au plan des couches. Par conséquent, lorsque ces deux forces, le poids et l'agent relevant, se sont exercées à la fois, et toutes choses égales d'ailleurs, il y a eu une compression plus grande qu'elle n'était sous la seule action de la pesanteur.

La quantité de cette compression est-elle appréciable par la modification de volume ou de dimensions dans un des parallélipipèdes élémentaires, qu'isole le réseau diaclivaire, et notamment est-elle saisissable linéairement dans l'épaisseur de ce solide? C'est-à-dire, une même couche, dans la situation horizontale, puis dans une position inclinée, offre-t-elle des différences d'épaisseur? Telle est la question [1].

Avant de chercher à y répondre par des faits, remarquons d'abord que ces sortes de comparaisons sont en général fort difficiles à réaliser par des mesurements. D'abord parce que les points aisément abordables, qui mettent à découvert sur un petit trajet une même couche sous des angles suffisamment différents, sont assez rares. En second

1. Ce raisonnement implique l'admission du fait que, sur une petite étendue, la puissance originaire de la même couche ou d'un petit système de couches offre très-peu de variations. Il est probable que cela n'est point absolument vrai comme généralité, cependant il doit très-fréquemment en être à peu près ainsi. Voici un exemple à l'appui de cette assertion. Dans cinq carrières des environs de Porrentruy, qui nous sont parfaitement connues et où les bancs homologues sont constamment désignés par les carriers sous les mêmes dénominations, nous avons, pouce par pouce, fait le tableau de ces bancs, situés dans l'astartien supérieur entre la *Rouge-lave* et le *Banc-Bossu*, formant une dixaine de lits. Les cinq mesurements partiels nous ont donné les chiffres de 126, 136, 137, 134 et 125 pouces, dont la plus grande différence est de 4 pouces sur une moyenne de 10 pieds 6 pouces, différence qui ne correspond ni aux carrières les plus distantes, savoir de 3 kilomètres environ, ni à une marche dans un sens déterminé.

lieu, parce que des différences faibles, bien que réelles, sont difficilement appréciables avec sûreté.

Rappelons ensuite que des masses pélomorphiques plus ou moins imbibées, paraissent, en général, fort peu susceptibles de réduction d'une dimension sans extension des autres, ce qui est le cas ici, puisqu'il n'y avait guère place à cette extension, puisque les couches, qui peuvent l'avoir été le plus, sont celles d'origine clastique, particulièrement susceptibles de *tassement* intérieur.

Cela posé, si l'on traverse, perpendiculairement à leur direction, des massifs inclinés ou des voûtes entières, se raccordant à la plaine, comme cela est très-aisé dans le Jura, on y pourra voir se succéder les couches sous des inclinaisons diverses de zéro à 90°. Si la plus grande compression exercée dans les parties inclinées du trajet des assises s'est formulée par des résultats, les plus appréciables seront certainement la diminution d'épaisseur, puis l'établissement d'un rapport quelconque entre les faits du réseau diaclivaire et les degrés d'inclinaison.

Or, en général, nous n'avons pu saisir de réduction d'épaisseur habituelle et normale dans les massifs inclinés, comparés aux mêmes massifs horizontaux ; cependant, nous reviendrons bientôt sur ce sujet.

Ensuite, nous avons vu, en passant des assises horizontales aux inclinées, en passant des plus aux moins relevées, les rapports entre les diaclives tripsées et les thlasmées (que nous avons étudiés § 37 et attribués aux oscillations), demeurer, sauf les faits de glissement épiclivaire dont nous parlerons, et qui n'altèrent pas essentiellement ces rapports, absolument les mêmes en général.

Enfin, nous avons vu surtout les faits de déjètement diaclivaire, traverser des inclinaisons fort diverses et anti-synclinales d'une manière qui paraît indiquer leur totale indépendance de ces inclinaisons, comme le représente la fig. 38, dans laquelle le déjètement occidental se retrouve sur les deux versants.

Ainsi, en général et à ces divers égards, les résultats de la plus grande compression dans les couches relevées nous ont à peine apparu comme réels ou saisissables. Cependant les difficultés inhérentes à ce genre d'observation doivent nous rendre fort réservés, et nous nous garderons bien de transformer ce qui précède en conclusion.

En effet, plusieurs observateurs signalent des amincissements et des étirements

de couches ou d'ensemble d'assises, et nous croyons en avoir vu nous-même, mais comme cas particuliers. Ces *étirements*, qui ne seraient que la conséquence controversable de la réduction d'épaisseur, se montrent dans trois cas principaux, qui sont les suivants.

Lorsqu'un massif redressé, déchiré à sa partie supérieure, y présente entre des couches moins compressibles, telles que des calcaires compactes, un système plus compressible, tel que des marnes (fig. 39) on croit reconnaître souvent que la puissance de ce dernier est plus grande dans les parties où les angles à l'horizon sont faibles (fig. 39 *a*), plus petits où ils sont forts (fig. 39 *b*). Ces affleurements marneux, d'inégale puissance sur les divers points d'un trajet, se formulant souvent en creux, donnent naissance, lorsqu'ils ont lieu sur une grande échelle, à de véritables vallicules, dont les élargissements ou étranglements sont même sensibles, parfois, sur une bonne carte topographique. Il va sans dire, du reste, qu'il faut se défier ici des apparences de plus grande ou plus petite puissance respectivement occasionnées par l'obliquité ou la perpendicularité dans l'affleurement des masses comprimées relativement aux couches encaissantes, et faire, en tous cas, à cet égard, une défalcation convenable.

Un autre cas est celui de la rencontre violente de deux têtes de faille, qui ont mutuellement comprimé, recourbé et parfois disloqué leurs massifs, comme le représente la figure 40. Dans ce cas, un nombre d'assises, compté en position plus horizontale *AB*, paraît donner parfois une puissance moindre qui a même nombre, mesuré dans ses positions très-inclinées *ab*. Ce résultat serait évidemment dû à la compression : il ne paraît pas rare dans le Jura, bien que le mesurement du contraste, reconnaissable à l'œil, ait rarement été fait, vu les difficultés. Du reste, ce cas de compression a été signalé par la plupart des géologues jurassiens; nous le croyons très-réel et nous y reviendrons à l'occasion du mécanisme des failles, parce que, alors, nous pouvons disposer de données qui nous manquent encore ici.

Un troisième cas est celui des voûtes de grande échelle. Le plus souvent, ces voûtes, qu'on se représente comme assez régulières, sont déjetées dans un sens qui règne ordinairement tout le long d'une chaîne (fig. 41). De façon que, du côté du déjètement, tous les angles sont notablement plus forts que de l'autre et plus forts, bien entendu, que vers le pied de la montagne, où les massifs reprennent l'horizontalité. Or, si,

dans la structure d'une chaîne de ce genre, naturellement découverte par le plan sécant d'une vallée transversale, on est à même de comparer les puissances d'un système d'assises dans des angles voisins, consécutifs et divers du côté déjeté de la montagne, par exemple en AB, ab, a'b', on croit reconnaître, parfois, que ces diverses puissances sont inégales et que la plus petite, *ab*, correspond au plus grand angle d'inclinaison, le tout, sauf certaines réserves que nous verrons plus tard. Ce serait évidemment encore là un fait de compression, car on se rend compte, sans autre étude, que si, comme l'indique le déjètement, il y a eu poussée latérale, la quantité de compression a dû être plus forte en ab, qu'en AB ou en a'b'.

Nous avons dû signaler les faits précédents, vu qu'ils sont indiqués par divers géologues jurassiens et que nous-même croyons en avoir observé de semblables. Cependant, nous devons ajouter ici des réserves importantes.

D'abord, les trois catégories de faits, ci-dessus décrits, ne nous ont jamais, dans la nature, apparu avec les proportions que nos figures exagèrent pour les rendre plus intelligibles. Ensuite, nous ne connaissons aucune preuve directe et *par mesurement* de ces sortes de contrastes. Puis, nous ne les avons pas vus se passer clairement dans des calcaires compactes, mais peut-être dans des assises plus meubles intercalées. Après cela, dans les cas où nous n'avons pu nous refuser à l'évidence de la réduction de puissance par compression, elle nous a apparu plutôt comme le résultat d'un morcellement et broiement, non pas à sec, sans doute (puisque les fragments sont habituellement tripsés), mais cependant à un degré de mollesse sédimentaire des moins fluides. Elle a fait naître chez nous plutôt l'idée d'un écrasement accidentel et peu régulier, que celle de l'effet uniforme d'une aptitude générale à la compression, effet se reproduisant partout d'une manière normale avec le retour des mêmes facteurs.

Enfin, plusieurs cas qui nous avaient d'abord paru offrir très-clairement des contrastes d'inégale compression, notamment dans les angles très-forts, examinés de plus près, ont dissipé notre première conviction, ou du moins considérablement diminué l'idée originaire que nous formions de leur quantité de réduction.

Nous pensons donc qu'un certain nombre des cas signalés par les observateurs dans le Jura, d'une manière générale et sans détails rigoureux, comme présentant des étirements et compressions, ont pu être, à tort, envisagés comme tels, par suite des

illusions auxquelles il est difficile d'échapper entièrement sans une attention particulière et par suite des obstacles presque constamment assez grands à la vérification directe.

Néanmoins, tout cela ne prouve nullement que le redressement des massifs n'ait pas été accompagné d'un certain degré de réduction d'épaisseur des couches, variable selon les angles et les aptitudes des roches, réduction qui a eu lieu, en général, dans des proportions telles que, vu la difficulté des comparaisons des lignes qui en sont la mesure et la faible quantité de celles-ci, elle échapperait à notre appréciation. Les modifications de surface diaclivaires et épiclivaires impliquent elles-mêmes quelque chose de semblable à la compression dans les régions voisines de leur développement. Le remplissage de vides épiclivaires par les plaques spathiques, dû à des filtrations ou à des transsudations de l'étoffe, milite encore dans le même sens. Si les faits d'étirement ou d'amincissement notable, comme cas maximums, viennent à être mieux établis, ils fortifieront évidemment les probabilités du fait général.

En résumé : *dans les couches soulevées, sauf des cas de maximum de compression, qui restent à mieux établir, ce que nous ferons plus tard, et sauf des couches de nature particulièrement aptes, la réduction d'épaisseur se montrerait inappréciable ; cependant on ne peut guère en douter comme fait général et non moins réel, quoique probablement de trop petite quantité linéaire pour être reconnu dans son caractère normal.*

§ 48. *Que les pélomorphoses décrites ne sauraient avoir pris naissance dans des masses à l'état lithomorphique.*

Nous aurons à examiner plus tard quelles différences, dans le degré d'hydration, les pélomorphoses des couches inclinées indiquent relativement à ce qu'on observe dans les couches non relevées. Mais il pourrait se faire que l'ensemble de ces faits, tels que nous venons de les décrire, soulevât d'abord la question : n'accusent-ils pas déjà lithomorphisme complet ? Nous devons examiner ce doute pour l'éliminer, s'il y a lieu[1].

1. On n'oubliera pas qu'il s'agit ici d'une seule *espèce* de faits d'un *genre* qui en comprend plusieurs autres, auxquels nous n'entendons nullement étendre ce qui va suivre. Nous nous garderons bien, du reste, d'aborder ici une tentative de comparaison des tripses jurassiques avec les autres cas de surfaces polies, cannelées ou striées, d'origines fort diverses, minéralogique, de frottement à sec, glaciaire, etc. La description que nous avons donnée des tripses du Jura est probablement la plus complète qui existe d'une des classes de cette catégorie d'accidents, et suffira, en tout cas, amplement pour l'isoler de toutes les autres. Nos tripses, contrairement à la plupart des autres surfaces

Ainsi, les faits d'apparence plastique, examinés ci-dessus dans les terrains soulevés, ont-ils pu prendre naissance dans des masses pierreuses consolidées?

Nous avons déjà vu que les courbures accusent forcément une réponse négative. Or, les tripses épiclivaires sont évidemment de même date que les voûtes et ploiements divers. Nous savons maintenant, en outre, que les plaques épiclivaires se sont développées durant le relèvement des massifs, puisque les vides qu'ils occupent n'existaient pas auparavant ; et comme ces plaques supposent compression de l'étoffe et transsudation de sa base liquide (§ 24), il s'en suit pélomorphisme à un degré quelconque. — Par ces deux motifs et surtout à cause du premier, il serait inutile d'aller plus loin; cependant, nous tenons à fortifier ces preuves capitales par d'autres encore.

Les tripses épiclivaires donc, ont-ils pu notamment prendre naissance dans le glissement des masses à l'état rigide, à l'état purement lithomorphique?

Assurément non. D'abord, il suffit de *voir* la configuration des cannelures avec toutes leurs modifications, depuis l'état le plus rigoureux jusqu'à leur dégénérescence en formes aplanies, talochées, refoulées avec transport de substance, pour se convaincre que pareil résultat n'a pû naitre du frottement de deux corps durs, mais qu'il est dû à celui de deux masses pélomorphiques à un degré non pas très-fluide, mais suffisamment mou pour jouir encore de toutes les aptitudes plastiques, moyennant application d'une force convenablement énergique, comme, par exemple, un ciment hydraulique, s'approchant de la consolidation.

Mais, outre la foule de petits faits, qui démontrent à l'œil le caractère plastique des tripses épiclivaires, sans qu'il soit possible d'en faire la base d'une démonstration raisonnée, il en est un qui est entièrement probant et dont nous n'avons encore pu parler. Dans le jeu relatif des surfaces inégales, les reliefs *r* (fig. 42) de l'hypoclive, naturellement engrenés dans les dépressions de l'épiclive, souvent n'ont pas pu vaincre la résistance des reliefs *s* de cette dernière, situées immédiatement au-dessous. Dès-

polies signalées, constituent non pas un fait accidentel ou peu répandu, mais un fait général dans le Jura. — On peut prendre, du reste, une idée du groupe nombreux de faits analogues dans divers articles du *Jahrbuch* de MM. Léonhard et Bronn, et notamment dans l'*Essai d'une théorie générale des surfaces polies*, par M. A. Braun (Jahrb. 1842). — En consultant la littérature relative à ce sujet, on y trouvera déjà proposée par plusieurs observateurs l'opinion de l'état pélomorphique à l'époque de la formation de certaines surfaces polies et celle de la transsudation par compression de diverses substances, imbibant l'étoffe à l'état de solution dans un liquide, telles que non seulement le carbonate de chaux, mais encore la silice gélatineuse.

lors, l'extrémité du relief *r* est restée engagée, et la masse de la couche l'abandonnant comme *esquille syncollème, abc*, a glissé sur un plan de séparation, *ab*, formé à son intérieur, en le tripsant. Même chose est souvent arrivée pour les reliefs de l'épiclive. De façon que, dans ces sortes de cas, il s'est formé un plan moyen de glissement, qui a abandonné à l'épiclive les esquilles *s* (fig. 43) et à l'hypoclive les esquilles *s'*, en ne conservant que des portions des surfaces originairement épi- et hypoclivaires. — Il en résulte que la surface tripsée montre, au milieu de ses cannelures, le dessin en plan des sutures qui circonscrivent les esquilles. — On conçoit que ce fait des *plans moyens de glissement*, tripsant alternativement la substance des esquilles hypo- et épiclivaires, demeurées engagées, accuse essentiellement l'état plastique de la roche et repousse formellement le caractère de rigidité lithomorphique.

Une autre preuve contre l'existence du lithomorphisme est la suivante. Dans le glissement avec compression, si celle-ci avait été suffisante pour produire les cannelures et le poli dans des masses rigides, les résultats ne devraient pas être moins bien accusés dans les groupes jurassiques les plus chargés de corps lithomorphiques (oolitiques, clastiques, etc); or, c'est cependant précisément ce qui a lieu dans le Jura. Plus les masses tripsées sont d'origine purement pélomorphique, et mieux les tripses y sont vigoureux et réunis; de façon que les parties lithomorphiques, au lieu de favoriser le dessin des cannelures et l'aplanissement, leur ont été un obstacle comme dans tout modelage plastique.

Ensuite, il est évident que le calorique dégagé et les modifications chimiques provoquées par la compression et le frottement, ont dû être infiniment moindres dans des masses encore pélomorphiques que dans des masses pierreuses. Dans ces dernières, elles auraient certainement atteint un degré éminent, dont les produits, que l'on remarque fort bien dans ces sortes de cas, ne sauraient entièrement échapper à l'observateur. Or, ici l'on ne voit rien de semblable : les étoffes, comparées à celles des terrains homologues non relevés, ne présentent aucune différence appréciable ; les minéralisations nouvelles n'y ont point pris naissance ; aucun enduit des surfaces polies ne révèle l'action ignée ; les gémisures de voie aqueuse s'y montrent toutes pareilles à celles des diaclives. Les dendrites manganitiques ont, dans les cas de polissage les plus favorables, simplement obtenu le poli métallique, qu'une médiocre compression commu-

nique à leur poussière noire; tout au plus, dans certains cas, le degré des oxydations et l'hydratation des combinaisons de fer disséminée dans l'étoffe se montrent-ils modifiés par le changement du jaune au rouge, comme cela se voit au contact de tout feu médiocre allumé dans le voisinage d'une roche calcaire, et encore ne pourrions-nous affirmer que telle est l'origine de ces modifications. Toutes ces circonstances, entièrement d'accord avec l'état pélomorphique, ne sauraient s'être passées ainsi, s'il y avait eu lithomorphisme.

Le seul petit fait de détail qui, au milieu de toutes sortes d'impossibilités, pourrait paraître militer en faveur d'un frottement à sec, est celui de certaines veinules spathiques (et partant originairement lithomorphes) rayées ou polies avec les tripses. Mais d'abord, en règle générale, toute émergence spathique, quelque peu considérable, a évidemment résisté, produit désordre, brisure et déviation sans tripsage, ce qui se remarque encore jusque dans les veinules de 2 ou 3 millimètres : or, s'il y avait eu frottement à sec, ces émergences auraient été planées comme tout le reste, ainsi que cela se voit non seulement dans les polis artificiels, mais dans les polis glaciaires, etc. L'objection dont il s'agit ne concerne donc que de très-petites veines généralement moindres d'un millimètre ou plus petites encore, et que l'on voit traversées plus ou moins nettement, et d'autant plus nettement qu'elles sont plus petites, par le tripsage avec ses détails. Cependant, si on les examine de bien près, on remarque : 1° Que presque toujours, en réalité, elles n'ont pas été nettement traversées par les lignes de tripsage, qu'elles interrompent celles-ci par une région plus confuse, plus terne et ne reproduisant pas complètement les détails de l'étoffe. — 2° Qu'elles les ont le plus souvent fait légèrement dévier de la ligne droite par une résistance. Deux caractères qui n'ont pas lieu dans les polis à sec, comme on le peut constater, notamment avec les stries glaciaires. — Du reste, enfin, il ne faut pas oublier que, dans l'acte du frottement mutuel, les points lithomorphes engagés dans la masse pélomorphique ont pu et même dû souvent jouer un rôle prédominant, comme pointes traçantes, et, par conséquent, *lutter parfois à sec* dans leurs rencontres mutuelles.

§ 49. *Réserve finale relative à l'observation des faits dans les couches relevées.*

Plusieurs des faits ci-dessus étudiés sont, comme nous l'avons vu, sous la dépendance de l'angle d'inclinaison : tels sont ceux de glissement avec tripse et peut-être de com-

pression. Mais il y a ici une remarque importante à faire : c'est que l'*angle actuel des massifs relevés peut être moindre que l'angle maximum atteint au moment du relèvement.* Dans les flancs d'une voûte de couches il n'y a probablement guère lieu d'appliquer cette réserve; mais, dans un massif rupturé, il a pu y avoir rechute, c'est-à-dire retour à un angle plus petit, après avoir atteint un angle plus grand; et, par conséquent, sous un angle moindre, les caractères obtenus à une plus forte inclinaison, caractères que le retour n'a pu détruire, du moins en général. La structure de la fig. 44, qui est assez fréquente dans le Jura, en fournit la preuve. En y jetant un coup d'œil, on s'y convaincra que les couches rabattues *a*, formant originairement un tout avec la crête *b*, n'ont pu perdre l'aplomb qu'après avoir passé par la portion verticale, ce qui n'a pu avoir lieu sans que les couches *b* elles-mêmes l'aient momentanément occupée. Il résulte donc de cette remarque que dans des couches *b*, on peut observer des faits propres à une inclinaison plus grande que celle qu'elles accusent maintenant.

§ 50. *Conséquences relatives à l'état pélomorphique, indiqué par l'accidentation des roches soulevées examinées dans cet article.*

Avant de terminer, consignons les conséquences suivantes, qui résultent de ce qui précède :

1° *Les caractères observés dans les roches soulevées repoussent formellement l'état lithomorphique de ces roches, au moment du soulèvement.*

2° *Ils repoussent également un état pélomorphique très-fluide, ou tel que nous l'avons vu se manifester dans les accidents plastiques antérieurs à l'inclinaison des couches.*

3° *Ils indiquent un état pélomorphique, suffisamment voisin de la consolidation, pour offrir (en général) une résistance notable aux réductions de volume, mais pouvant percevoir encore des empreintes plastiques dans certains cas du maximum d'application des forces soulevantes ;* état pélomorphique dont on peut se faire une idée assez juste (du moins à certains égards) par celui d'un ciment hydraulique, se rapprochant de la solidification pierreuse.

§ 51. *Conclusion de cette section.*

Tout ce qui précède démontre clairement que nos terrains, durant leur état pélomorphique, ont éprouvé une multitude de mouvements dus à des causes diverses.

On peut diviser ces mouvements en deux catégories principales fort distinctes : ceux qui ont précédé les grandes dislocations orographiques et ceux qui les ont accompagnées.

Comme nous le verrons ailleurs, ces grandes dislocations qui ont donné naissance à nos montagnes, ont eu lieu fort tard et ont relevé à la fois les terrains secondaires et tertiaires. Si, même jusqu'à démonstration, il restait quelque doute au lecteur à cet égard, il n'en est pas moins vrai qu'ils n'ont eu lieu qu'après la terminaison totale des dépôts jurassiques et que, durant la formation de ces terrains, auxquels il faut ajouter le trias, il n'y a eu aucune dislocation et ablation de nature à changer et altérer notablement la succession et la situation des couches, puisque, nulle part, on ne trouve de lacune ou de discordance dans toute cette série[1].

Soit donc que les grandes dislocations, une fois commencées, aient été multiples, soit qu'elles aient porté un caractère d'unité, il n'en est pas moins vrai qu'une période, relativement calme, les a précédée, et a duré tout le temps indiqué. Néanmoins, c'est durant cette période qu'ont eu lieu une multitude de mouvements internes.

A mesure, les dépôts, la décomposition des corps enfouis, la pression croissante des couches supérieures sur les inférieures, la production du réseau diaclivaire, enfin les trépidations séismiques, ont imprimé à la masse des assises une foule de petits mouvements, dont les résultats se sont formulés par une foule de faits de plasticité pélomorphique, obéissant à certains rapports de position. C'est durant cette époque qu'ont pris naissance la majeure partie des faits de décomposition, de minéralisation, de retrait diaclivaire, de ressoudement des fissures, de froissement des parois, de compression verticale, etc., mais sans apporter à l'ensemble des massifs aucun déplacement de grande échelle, aucun relèvement, ploiement ou enlèvement de couches, aucune grande faille, aucune modification proprement orographique.

L'avènement des grandes dislocations a interrompu cet état de calme relatif, et en donnant naissance à toutes sortes de ruptures, déplacements et ablations, a, au point de vue pélomorphique, produit les courbures, les étirements, les glissements, les

1. Nous parlons essentiellement ici de la chaîne du Jura proprement dit : les Alpes dauphinoises, qui font la désinence méridionale du Jura, offrent une exception. Nous exceptons également quelques faits de stratification transgressive, qui se montrent dans le détail des terrains et ne sont que de petite échelle.

tripses diaclivaires ondulés, épiclivaires et anormaux; enfin, dans certains cas, le morcellement irrégulier des assises.

On voit que ce qui précède indique déjà des limites à la durée du pélomorphisme. C'est maintenant cet important sujet que nous devons aborder et traiter plus explicitement.



CHAPITRE VI.

DE LA DURÉE DU PÉLOMORPHISME DANS LES ROCHES DU JURA.

§ 52. *Qu'une longue durée du pélomorphisme n'a rien d'absurde.*

Tout ce qui précède indique amplement que le pélomorphisme dans nos roches jurassiques n'a pas été un phénomène instantané ou momentané, mais qu'il a duré plus ou moins longtemps. Ce sont les limites approximatives de cette période que nous voudrions rechercher. Faisons auparavant quelques remarques préliminaires.

D'abord, et bien qu'on lise dans divers ouvrages de géologie que la consolidation des couches en a immédiatement suivi le dépôt et que les choses se passent encore ainsi au fond des mers actuelles, nous ne saurions nullement admettre cette opinion en tant que générale. Il peut exister et il existe probablement, en effet, des cas qui conviennent à cette assertion, mais il y en a certainement, en revanche, une multitude qui la contredisent formellement. Les plages vaseuses de nos côtes, de nos lacs, de nos étangs, qui se maintiennent, pour ainsi dire, indéfiniment à l'état pélomorphique, tant qu'elles ne sont pas exondées et qui, une fois découvertes, se solidifient en donnant lieu à de véritables terrains géologiques, ces plages le prouvent entièrement. Il en est de même des fonds argileux, marneux et boueux de toutes nos tourbières, qui persistent, à cet égard, depuis des temps à nous inconnus. Donc, la solidification immédiate comme généralité est repoussée pour toute une catégorie des faits de l'époque actuelle, qui nous sont le plus accessibles, et il n'y a rien d'étonnant ni d'absurde à admettre une durée plus ou moins longue de l'état pélomorphique. Il y a plus : c'est que, d'abord que le lithomorphisme immédiat, après sédimentation, n'a pas lieu, rien n'empêche, moyennant le maintien de circonstances convenables, que l'état de mollesse sédimentaire se perpétue, pour ainsi dire, indéfiniment, pour ne cesser qu'à l'avènement d'un concours de conditions déterminé.

Rappelons aussi que, comme nous l'avons déjà établi au § 40, l'état pélomor-

phique a pu offrir, soit immédiatement après le dépôt, synchroniquement et sur des points divers du même système d'assises, soit successivement dans des assises diverses des degrés d'hydration, d'hydraulicité et d'immixtion de corps lithomorphes très-différents. Ainsi, cet état, dans sa plus grande fluidité, peut être caractérisé par la presqu'impossibilité de recevoir une rupture, à cause de la trop grande facilité de déplacement des molécules, tandis que dans sa plus grande solidité, il peut l'être, au contraire, par l'impossibilité de subir un ploiement quelque peu fort, sans rompre. Peut-être ce maximum d'hydration n'a-t-il jamais eu lieu, mais, en revanche, le minimum a certainement existé.

Il est clair que, dans tous les degrés de pélomorphisme compris entre ces deux limites, il y a eu plasticité et aptitude à perception des reliefs et empreintes, que nous avons examinés. Mais les facilités à cet égard ont dû être diverses et varier en sens inverse de l'hydration ; de façon que telle pélomorphose, réalisée aux degrés supérieurs de cette dernière par une force donnée, n'a pu, aux degrés inférieurs, se produire qu'au moyen d'une force de même nature beaucoup plus grande. Ainsi, la même énergie de compression verticale qui, à une époque et dans une étoffe données, a fait naître des diapérasmes profonds, a pu, à une autre époque et dans une autre étoffe, ne produire que des tripses planes. Ainsi encore, la même énergie qui, dans certains massifs en mouvement, a produit des tripses épiclivaires puissamment cannelés, a pu, dans d'autres, moins pourvus d'hydration, ne donner lieu qu'à des surfaces frottées et polies d'une manière qui se rapproche davantage de ce qui se serait passé à l'état entièrement lithomorphique, etc. — Cela posé, venons à l'examen des faits qui peuvent servir à jalonner plus ou moins exactement la période pélomorphique.

§ 53. *Solidification immédiate et instantanée impossible.*

D'abord et indépendamment de tout ce qui précède ou va suivre, il est impossible qu'il y ait eu, dans la très-grande majeure partie des cas, solidification immédiate ou presque telle, à la façon des corps concrétionnés ou cristallisés. Car, comme les accidents plastiques existent en foule, accusant des mouvements multipliés et divers, il faudrait que toutes les causes de mouvement qui leur ont donné naissance eussent agi instantanément et simultanément au moment même de la sédimentation, et se fussent

répétés ainsi pour chaque assise, ce qui est, sinon absurde logiquement, du moins totalement incroyable et inadmissible, sensément parlant.

§ 54. *Pélomorphisme jusqu'après décomposition des parties molles des corps organisés.*

L'étoffe pélomorphique d'une assise, en se déposant, a enveloppé les corps organisés qui sont devenus les fossiles actuels. Parmi ces corps, un grand nombre devaient déjà avoir perdu leurs parties molles par décomposition avant l'enfouissement; mais, sans aucun doute, un certain nombre aussi était encore pourvu de ces parties dont la décomposition n'a eu lieu qu'après l'enfouissement. Or, en n'envisageant que ces dernières, et parmi celles-ci, par exemple, les coquilles spirées, nous voyons, qu'en général, les cavités de ces coquilles ont été occupées par l'étoffe pélomorphique. Ce remplissage ne pouvait avoir lieu qu'après la disparition des corps mous. La décomposition de ceux-ci, aussi rapide qu'on veuille la supposer, a cependant exigé un certain temps, durant lequel, soit qu'il y ait encore eu sédimentation de l'assise, soit qu'elle ait déjà cessé, le remplissage s'est effectué. *Donc, il y a eu pélomorphisme jusqu'après la décomposition des corps mous.* S'il y avait eu solidification immédiate, toutes les cavités seraient demeurées vides de l'étoffe pélomorphique, comme cela est arrivé à quelques-unes d'entre elles de difficile accès.

§ 55. *Pélomorphisme jusqu'après minéralisation et décomposition des tests.*

Non-seulement il y a eu décomposition des corps mous, mais il y a eu minéralisation ou disparition des tests, d'où les moules internes et externes. Le tout ne s'est point passé instantanément et a exigé une durée quelconque. Nous savons que, dès-lors, dans les phénomènes de compression, les tests minéralisés ont résisté à la manière lithomorphique et les moules cédé à la manière pélomorphique (§ 40). *Donc, après minéralisation et disparition des tests, il y avait encore pélomorphisme.*

§ 56. *Pélomorphisme jusqu'après séparations minérales particulières par jeux d'affinités.*

L'étoffe pélomorphique déposée, il s'est produit à son intérieur et au sein de son magma différents jeux d'affinité, qui ont donné naissance à des séparations minérales diverses souvent déterminées et cristallines, par conséquent immédiatement lithomor-

phiques, telles que cristaux de fer, de manganèse, de quarz, de calcaire, rognons, siliceux, etc. Or, dans tous les phénomènes de plasticité sédimentaire, ils ont résisté à la manière des corps durs, se montrant soit intacts, soit brisés au milieu même des reliefs pélomorphiques. *Donc, la mollesse sédimentaire a duré jusqu'après leur développement.*

§ 57. *Pélomorphisme jusqu'après la production des plaques spathiques après transsudation des liquides dans les cavités, par suite de la compression.*

Nous avons vu (§ 24) que la compression a déterminé une transsudation dans les vacuités diverses, une occupation plus ou moins complète de celle-ci par le développement de substances à l'état cristallin, parmi lesquelles domine très-particulièrement le carbonate de chaux. Nous avons vu que ces sortes de plaques, partout où elles se montrent au sein des accidents plastiques, y ont résisté à la manière lithomorphique. *Donc, la mollesse sédimentaire a duré jusqu'après leur développement.*

Soit que l'on admette, soit que l'on rejette la distinction établie entre les produits que nous signalons ici et ceux dont nous avons parlé à l'article précédent, les conséquences ne laissent pas d'être les mêmes. Rien n'empêche, du reste, qu'en envisageant ici la date de ces sortes de développements comme antérieure à la production des faits de plasticité, au sein desquels ils se montrent préexistants, il n'ait pu s'en former encore d'analogues postérieurement, ce qui ne fait rien à la question qui nous occupe.

§ 58. *Pélomorphisme jusqu'après la formation des diapérasmes.*

Nous avons vu (§ 23) que les diapérasmes sont nés de la compression des couches supérieures sur les inférieures, et que, parmi les pélomorphoses, ils supposent un état d'hydration particulièrement considérable. Or, la compression qui les a occasionnés suppose le poids d'un certain nombre d'assises superposées. Par conséquent, ils n'ont pu naître au contact de deux assises qu'après le développement d'une série quelconque de couches suivantes. Donc encore, *le pélomorphisme a duré, dans les couches à diapérasmes, au moins pendant tout le temps qu'un certain nombre des assises suivantes ont mis à se déposer.*

§ 59. *Faits de pélomorphisme avant les diaclives de retrait.*

Bien que plusieurs des faits ci-dessus soient plus particulièrement aisés à observer dans les parois diaclivaires, ils n'en sont pas moins réellement indépendants; ils ont non-seulement pu précéder, mais ils ont presque certainement précédé, en effet, l'ouverture des diaclives. Ainsi, en général, on peut envisager que la décomposition des corps mous, la minéralisation et disparition des tests, le remplissage des moules, leur compression, la formation d'une partie des groupements moléculaires, des plaques spathiques de transsudation et des diapérasmes épiclivaires, ont précédé les phénomènes de retrait et se passaient au sein de l'état pélomorphique, dont ils accusent ainsi déjà une notable durée.

§ 60. *Pélomorphisme au moment de l'ouverture des diaclives.*

Nous avons vu que les accidents plastiques des parois diaclivaires accusent de mille manières l'état pélomorphique, et c'est même, en partie, ce qui nous a conduit à les envisager comme des faits de retrait dans les massifs, ce qui implique pélomorphisme. Nous avons vu aussi que les vides diaclivaires, si souvent ressoudés par transsudation, ne le sont jamais par l'étoffe pélomorphique, soit de l'assise elle-même, soit des suivantes; que, par conséquent, à l'époque où elles s'ouvraient dans un système d'assises, elles étaient complétement abritées contre toute intrusion sédimentaire des dépôts sur-jacents, ce qui suppose nécessairement une certaine couverture protectrice non divisée et suffisamment puissante de ces derniers. Donc, *au moment où les diaclives d'un système inférieur se formaient, l'état pélomorphique de ces couches avait duré tout le temps nécessaire à la production de cet abri.*

§ 61. *Pélomorphisme à l'époque des oscillations séismiques, postérieures à l'ouverture des diaclives.*

Nous avons vu (§ 36) que des oscillations séismiques, plus ou moins générales, avaient donné lieu à un froissement particulier des parois diaclivaires, et ce, dans des sens déterminés et reconnaissables. Ce sont les accidents pélomorphiques de ces parois elles-mêmes qui nous ont forcément conduit à cette conclusion. Donc, à l'époque de

ces oscillations, il y avait encore pélomorphisme. Nous avons vu, en outre, que ces oscillations s'étaient répétées, produisant des plaques multiples, ce qui implique transsudation et partant pélomorphisme. Or, si même on supposait la première oscillation, succédant immédiatement à la naissance des diaclives (et nous ne connaissons aucun fondement à cette hypothèse), il y aurait nécessairement encore, entre cette première oscillation et les suivantes, un temps quelconque, qui établit, en tout cas, pour ces dernières, une date postérieure à celle des diaclives. Donc, enfin, *postérieurement à l'ouverture des diaclives et durant les oscillations séismiques révélées comme nous l'avons vu ailleurs, il y avait pélomorphisme.* Rien n'empêche même (à notre connaissance) que cette date soit fort postérieure à celle du retrait. — Ajoutons que rien n'empêche, en outre, et bien entendu, qu'il y ait eu, avant les diaclives, d'autres oscillations que les masses, non encore régulièrement divisées, ne nous révèlent point ou ne révèlent que plus obscurément, ce qui ne fait rien à la question présente.

§ 62. *Aucun signe de cessation de l'état pélomorphique avant les grandes dislocations.*

Tout ce qui précède prouve clairement que l'état pélomorphique a duré fort longtemps pendant la période relativement tranquille, durant laquelle se déposait, tout au moins, la série des terrains jurassiques. Rien dans ces limites ne paraît, en aucune façon, accuser la cessation de l'état de mollesse sédimentaire, et tout, au contraire, y en signale l'existence. Cette période a été terminée par les grandes dislocations qui ont donné naissance, en tout ou en partie, en une ou plusieurs commotions, à la chaîne du Jura. A l'état de calme et d'horizontalité générale succèdent des commotions orographiques, qui soulèvent, inclinent, déchirent, ablationnent les terrains de diverses façons. Dans tout ce mouvement, qu'arrive-t-il au point de vue pélomorphique? C'est ce qu'il faut examiner maintenant.

§ 63. *Pélomorphisme durant les grandes dislocations qui ont donné naissance à la chaîne du Jura.*

a) Accusé par les ploiements. — Sur de vastes étendues et sur une puissance énorme, le système tout entier des terrains est disposé et ployé en voussures nombreuses, où toutes les configurations d'ensemble et de détail accusent non pas seulement une dis-

location à la faveur du réseau diaclivaire, mais une continuité, une mollesse de courbure qui peut se poursuivre jusque dans de très-petits éléments. Donc, dans ce moment d'une première convulsion (qu'elle ait ou non été suivie d'autres), qui n'est séparé de l'état pélomorphique reconnu auparavant par rien qui annonce consolidation; en ce moment, dis-je, la flexibilité et la flexion générale des massifs conduisent forcément à supposer encore existant un certain degré de mollesse sédimentaire.

b) Accusé par les tripses épiclivaires. — Si nous descendons à l'examen des détails, nous trouvons partout les tripses épiclivaires dans le sens de la plongée, qui accusent à la fois le glissement des assises les unes sur les autres et l'aptitude aux empreintes plastiques, traits démonstratifs d'un état pélomorphique, pourvu d'aussi peu d'hydration que l'on voudra, mais indispensable.

c) Accusé par les plaques épiclivaires et les ressoudements irréguliers. — Nous trouvons cet état accusé en outre par le développement des plaques spathiques épiclivaires sur tous les points des contacts de glissement demeurés vides et par les ressoudements divers plus ou moins complets entre les fragments des assises morcelées par la dislocation de grande échelle, circonstances qui, en impliquant la transsudation par compression, implique également pélomorphisme.

d) Accusé par les faillules de morcellement, etc. — Dans ces assises morcelées (que leur position dans les structures orographiques fait, du reste, distinguer aisément de la division par écrasement dans les couches tranquilles), nous voyons partout les morceaux froissés et tripsés mutuellement avec nombreuses faillules, et ce, jusque dans les roches les plus chargées de l'élément lithomorphique, résultats impliquant pélomorphisme.

e) Accusé par les tripses anormaux des failles de grande échelle. — Partout où les failles de grande échelle ont eu lieu à frottement immédiat, nous en trouvons les parois puissamment tripsées, soit à cannelures vigoureuses, soit jusqu'au poli, et avec développement de gémisures par transsudation; ou, lorsque quelque massif intermédiaire s'est interposé, nous le trouverons broyé en fragments froissés, comprimés et tripsés; tous caractères nécessitant pélomorphisme.

f) Accusé par les tripses des fissures anormales d'ablation. — Là où un massif arraché de sa souche par ablation violente a pu éprouver, relativement à celle-ci, un

contact momentané de frottement ou de glissement, nous trouvons les surfaces irrégulières de disjonction chargées de tripses et autres caractères de plasticité pélomorphique.

g) Accusé par la facilité de désagrégation, décomposition et disparition des massifs ablationnés. — En présence des énormes lacunes que l'ablation a laissées de toutes parts dans la masse lacérée des terrains, dont elle a enlevé des systèmes entiers sur de vastes étendues, nous recherchons inutilement le point, la région vers laquelle ces immenses amas de débris, supposés à l'état solide, auraient été transportés; nous ne trouvons pas même de traces de leur charriage. Nous sommes forcément conduit à conclure qu'ils ont subi une dissolution complète au contact d'un agent approprié à ce résultat, agent dont l'œuvre de destruction, ou plutôt de dénaturation, a été évidemment et puissamment facilitée par l'état pélomorphique.

h) Accusé par les galets pélomorphiques. — Cependant, là où certaines circonstances d'ablation, moins intenses, de nature différente et dépourvues de leurs propriétés dissolvantes, ont pu mettre en œuvre à la manière ordinaire les débris de roches, comme le font les eaux ordinaires sur les fragments arrachés à leurs rives, nous voyons encore ces débris, transformés en galets imparfaits et tripsés, accuser l'état pélomorphique dans l'étoffe des terrains jurassiques, durant une époque qui ne peut avoir précédé les grandes dislocations ou ablations, auxquels ils sont superposés et d'où ils dérivent.

Nous chercherons plus tard à établir la chronologie géogénique des dislocations jurassiques, et nous éviterons de nous en occuper ici, avant d'avoir établi toutes les données. Mais ce que nous pouvons dès à présent et légitimement conclure de ce qui précède, c'est que: *L'état pélomorphique des roches jurassiques, après s'être soutenu pendant toute la période de calme relatif qui a précédé les grandes dislocations, existait encore à un degré quelconque pendant celles-ci, ou du moins (s'il y en a eu plusieurs) pendant l'une de celles-ci, auxquelles nous devons les traits orographiques principaux de nos reliefs et pendant une catégorie principale (si pas pendant toutes) des puissantes ablations qui se sont trouvées en un rapport quelconque avec les grandes dislocations.*

§ 64. *Réflexions sur ce qui précède.*

Telle est l'importante conséquence à laquelle nous nous étions proposé d'arriver dans ce chapitre. C'est, croyons-nous, la première fois que l'on a sérieusement réuni les

éléments de ce genre de démonstration. A nos yeux, elle détruit de fond en comble l'idée d'une consolidation immédiate ou peu éloignée des dépôts. Elle lève toutes les difficultés que l'on apportait contre l'application toute naturelle des faits de pélomorphisme à l'interprétation des structures orographiques. C'est ainsi que cesse la nécessité d'avoir recours à un prétendu *ramollissement* général, après solidification et par des réactifs d'un mode d'action fort problématique, ramollissement nécessaire à l'explication de tous les faits de plasticité de l'époque des grandes dislocations. C'est ainsi que disparaissent également d'autres hypothèses, ayant recours à un développement de calorique pour expliquer les plaques épiclivaires, etc. C'est ainsi, enfin, que s'évanouissent toutes sortes d'explications ingénieuses, destinées à des faits isolés de leurs rapports réels et mettant, avant connaissance suffisante des choses, quelque théorie destinée à les expliquer.

Donc, ces diverses idées théoriques, avec tout ce qui s'y rattache, nous ne chercherons pas davantage à les réfuter, bien que les moyens à cet effet abondent de toutes parts. Les opinions les plus simples, les plus sensées et qui découlent naturellement des faits, ont, de tout temps, trouvé des contradicteurs. Aussi ne serons-nous pas surpris qu'après la longue et consciencieuse démonstration, fondée sur l'observation positive dans laquelle nous venons d'entrer, il se trouvât, parmi ceux qui ne se seront pas donné la peine de bien lire, de prétendus réfutateurs, qui préféreront le mystère d'une hypothèse facile à la clarté d'une démonstration peut-être ennuyante. Mais, heureusement, nous comptons aussi qu'il se trouvera, en plus grand nombre, des esprits disposés à chercher la vérité dans le contrôle des éléments positifs de notre démonstration. C'est à ceux-là que nous faisons appel, les invitant à vérifier tout ce qui précède sur quelque district des roches de la chaîne du Jura.

§ 65. *Réfutation d'une objection, tirée des mollusques saxicaves, sessiles, etc.*

Malgré la *nécessité de conséquences*, découlant toutes immédiatement des faits, nous nous sommes posé consciencieusement à nous-même toutes les objections que nous avons pu découvrir contre la longue durée de l'état pélomorphique. Nous n'en avons trouvé qu'une seule, dont il vaille la peine de s'occuper : c'est la suivante.

Si, durant le dépôt d'une assise, la précédente n'était pas déjà consolidée, com-

ment les mollusques et radiaires, soit sessiles, soit saxicaves, pouvaient-ils trouver les points d'attache et d'habitation solide qui leur étaient nécessaires? Comment, par exemple, les huîtres et les spondyles se fixaient-ils? Comment les astrées et les méandrines prenaient-elles assiette? Comment les crinoïdes s'enracinaient-ils? Où et comment les lithophages trouvaient-ils à se creuser leur loge pierreuse?

Remarquons d'abord que, quand bien même, contrairement à notre opinion, on supposerait la solidification de chaque assise précédente, opérée dès le commencement du dépôt de la suivante, cette solidification dans les couches marneuses n'a jamais donné lieu à une roche entièrement solide, rigide, résistante, pierreuse, en un mot, mais qu'il en est résulté une roche terreuse, tendre et de facile désagrégation. Or, nous voyons cependant très-souvent ces couches marneuses avoir servi de base au dépôt d'une assise suivante, soit marneuse elle-même, soit pierreuse, qui renferme des mollusques sessiles, des polypiers fixés, des crinoïdes à racines[1]. Il faut nécessairement en conclure que ces coquilles et ces radiaires étaient fort peu exigeants sur le degré de lithomorphisme de leur point d'insertion.

Donc, s'ils se contentaient d'une base de consistance marneuse, ils pouvaient non moins aisément s'accommoder d'un sol d'étoffe pélomorphique, pour peu que celui-ci offrît quelque solidité, soit en masse sur tel ou tel point par anhydration suffisante, hydraulicité, immixtion clastique, concrétionnée, etc., soit superficielle seulement par lithomorphisme de l'enduit épiclivaire ferrugineux ou autre.

On rencontre assez souvent des huîtres sessiles sur les épiclives où elles ont vécu. Nous en avons vu sur des dalles oolitiques, sur des couches de calcaire compacte, etc. Dans ces divers cas, lorsqu'il existe un enduit épiclivaire, on remarque le plus souvent qu'elles reposent sur celui-ci, qu'il ne les a pas enveloppées et qu'il préexistait d'ordinaire à la fixation ; cependant il n'en est pas toujours ainsi, et on voit, au contraire, parfois l'enduit recouvrir les huîtres sessiles dont nous parlons. Soit donc qu'il y ait eu solidité suffisante sans enduit ou avec son intervention, toujours est-il que l'on conçoit ces sortes d'insertions sans qu'il y ait eu nécessairement et parfaitement lithomorphisme dans l'assise qui les a reçues.

1. Il va sans dire que nous parlons ici des fossiles *en place*. C'est ainsi que l'on trouve encore des apiocrines debout et enracinées sur le lieu où elles ont vécu, dans des assises marneuses ou à peine marno-compactes.

Si l'on parcourt attentivement une série de quelques centaines d'huitres fossiles de la même station, par exemple l'*Ostrea solitaria*, souvent si commune dans l'assise ptérocérienne, et qu'on en examine les points d'attache, on y observe les faits suivants. On reconnaît d'abord que, chez un certain nombre, la surface d'insertion est très-petite et ne révèle aucune forme organique dans sa contre-épreuve, laquelle se dessine dans cette espèce avec une perfection particulière sur la valve supérieure. On trouve ensuite que, dans un très-grand nombre, cette surface d'insertion et sa contre-épreuve, dès-lors ordinairement plus larges, indiquent clairement l'état sessile sur une autre coquille, qui est le plus souvent une huître de la même espèce. Il en résulte que le nombre des huîtres, originairement fixées au sol, a été relativement petit, et que, pour cette fixation, il a suffi d'un point solide très-exigu, puisque le plus grand nombre a vécu fixé à d'autres coquilles ou superposé à des individus de l'espèce. De façon que, pour peu que les coquilles libres aient préexisté, c'est à peine si quelque point lithomorphique du fond sous-marin a été nécessaire.

Quant aux lithodomes et à leurs loges, ils ne sont pas rares dans les terrains jurassiques. Mais c'est surtout dans les ilots de coraux qu'ils sont communs, et je ne sais trop si l'on peut les signaler avec une parfaite certitude en dehors de ces sortes de stations; je crois en avoir vu, mais le cas est certainement exceptionnel. C'est principalement la masse même des polypiers qu'ils habitent, et non l'étoffe calcaire ambiante qui constitue le fond antérieur. Du reste, les exceptions à cette généralité ne feraient probablement que signaler quelque point suffisamment consolidé, bien que néanmoins encore pélomorphique, comme nous en verrons bientôt.

Mais ce qui précède ne regarde que la fixation des espèces sessiles d'une assise, relativement à l'assise immédiatement précédente. Il y a d'autres cas où le pélomorphisme des surfaces d'insertion peut paraître plus difficile à admettre. Ce sont ceux où, entre l'assise qui a servi de fond à un dépôt et ce dernier, il s'est écoulé une longue période, par exemple entre la base portlandienne et les couches tertiaires inférieures, séparées l'une de l'autre par toute l'époque crétacée.

Ainsi, sur divers points du Jura, on rencontre des rivages (ou plutôt des bas-fonds, comme nous le verrons plus tard,) tongriens où se voit, avec une parfaite clarté, l'insertion immédiate des fossiles sur le calcaire portlandien. Certains endroits offrent

même de petites falaises avec des cassures nettes, non diaclivaires, à arêtes plus ou moins vives, et sur les deux faces desquelles sont établis, par exemple, des spondyles. A l'aspect des cas de ce genre, on est naturellement porté à conclure qu'il y avait solidification totale de la roche au moment de la cassure et de l'insertion. Cependant, malgré ces premières apparences, nous croyons qu'il n'en était pas ainsi. — Les galets demi-brisés, à arêtes vives par ploiement, dont nous avons parlé ailleurs, nous font voir qu'à un certain degré d'anhydration, l'étoffe pélomorphique pouvait soutenir dans ses cassures ces formes nettement anguleuses. Dès-lors et par cela même, il est évident qu'il y avait solidité plus que suffisante pour recevoir l'insertion de coquilles sessiles. En outre, lorsqu'on examine attentivement la superficie jurassique de ces fonds littoraux, on y voit le calcaire compacte déchiqueté en tous sens d'une telle multitude de petites cavités, plutôt sillonnées et élargies que nettement perforées, qu'on est involontairement conduit à se dire, qu'indépendamment du jeu ordinaire des mollusques et vers saxicoles dans un corps dur, il y avait là des facilités particulières, dues à un certain degré de mollesse humide. Du reste, enfin, ces rivages et leur mise en rapport avec les dépôts tertiaires inférieurs étaient de l'époque des galets tripsés, avec lesquels ils sont en étroite liaison et où, comme nous l'avons vu, tout accusait encore le pélomorphisme des masses.

Mais si, dans ce qui précède, l'absence de preuves directes laissait des doutes au lecteur, nous allons les dissiper entièrement. Le long de ces mêmes rivages se rencontrent fort souvent des loges de lithodomes tertiaires, creusées dans le calcaire compacte portlandien. Elles sont généralement nettes et lisses à leur intérieur, et on en voit dont la coquille a dû atteindre au-delà de trois centimètres de longueur. Au premier coup d'œil, ces cavités impliquent l'état de dureté des masses où elles ont été pratiquées, et, si l'on n'a pas l'habitude de regarder de près ces sortes de faits, on abandonnera malaisément cette idée. Et cependant, elle est fausse, positivement fausse. — En effet, si l'on peut examiner une série d'exemples quelque peu nombreuse, afin que l'une puisse fournir le trait diagnostique qui manque à l'autre, on réunira bientôt les caractères suivants : 1° Parfois, l'intérieur des loges, au lieu d'être lisse, a été légèrement tripsé en long par les stries d'accroissement de la coquille, ce qui ne peut avoir eu lieu sans l'état pélomorphique. 2° Souvent le calcaire portlandien est pénétré, à son

intérieur, de dendrites noires (manganésiques), en toutes sortes de directions; ces dendrites s'y sont évidemment développées durant son état de mollesse. Or, elles forment autour de chaque loge de lithodome une zone frangée et arborisée, qui irradie de sa circonférence, en se perdant vers l'extérieur. Ce caractère prouve clairement qu'au moment où le lithodome creusait la cavité, il y avait pélomorphisme, car ce rapport n'aurait pu s'établir au sein d'un corps consolidé. 3° Souvent l'étoffe de la roche est traversée, en divers sens, de petites fissures irrégulières, faisant des faillules (§ 41) très-saisissables, puisqu'il en est qui montrent jusqu'à plus d'un millimètre de discordance. Eh bien, ces faillules traversent les loges de lithodomes, qu'elles brisent de manières variées, en portant à des niveaux différents les portions de surfaces concaves qui, originairement, formaient continuité. Donc, ces faillules ont eu lieu après la perforation du lithodome; or, elles exigent pélomorphisme; donc, enfin, *à fortiori*, il y avait pélomorphisme durant l'habitation de ces coquilles. — Nous avons sous les yeux, en écrivant ceci, des exemplaires pourvus de tous ces caractères; ils forment une série provenant de Develier-dessus au val de Delémont, de Fregiécourt en Ajoie, du Pissoux (Département du Doubs), etc., etc.

Nous invitons les géologues jurassiens, dont plusieurs, à notre connaissance, possèdent des échantillons de ces loges de lithophages tertiaires, soit dans les calcaires jurassiques, soit dans les calcaires tertiaires eux-mêmes (mais surtout dans les premiers), à les examiner de près; ils y retrouveront probablement des faits identiques ou analogues à ceux que nous signalons. Si, sur un trop petit nombre d'exemplaires, ces faits ne se présentaient pas, il n'y aurait pas à s'en étonner; ils peuvent n'être pas communs et je puis être tombé heureusement sur des exemplaires instructifs. Néanmoins, je suis convaincu que, dans une série d'échantillons quelque peu nombreux, on ne manquera pas de retrouver les éléments de notre démonstration et peut-être d'autres encore à y ajouter.

Résumons cet article. Nous croyons y avoir solidement établi que *les rapports d'insertion et la perforation des roches par les corps organiques marins, ne fournissent point d'objection fondée à nos conclusions, touchant la longue durée du pélomorphisme, et qu'au contraire, elles apportent des faits démonstratifs en sa faveur.*

§ 66. *Divers degrés de pélomorphisme, selon les époques accusées par l'accidentation plastique.*

Nous avons souvent, dans tout ce qui précède, fait remarquer que le pélomorphisme a dû présenter divers degrés d'hydration pendant sa durée; voyons jusqu'à quel point les caractères étudiés révèlent ces différences.

Remarquons d'abord que les surfaces épiclivaires galéniques indiquent de toutes manières la facile mobilité, avec recherche et reprise de niveau, d'une étoffe très-pénétrée de liquide; nul doute qu'au moment où s'arrêtait leur relief superficiel, l'hydration de celle-ci, évidemment à son maximum, n'ait été considérable.

Remarquons ensuite que, de toutes les pélomorphoses signalées, les diapérasmes sont ceux qui supposent la plus grande hydration ou fluidité de l'étoffe. Bien qu'on fasse, moyennant un concours de forces et d'agents convenables, passer par des filières les corps naturellement ductiles, on conçoit qu'une étoffe pélomorphique, pour peu qu'elle ait marché vers la solidification pierreuse, essentiellement non ductile, se serait refusée à la production stylolithique. Aussi le développement du diapérasme, qui n'a pas exigé de vides latéraux comme la plupart des autres accidents plastiques, peut-il avoir précédé l'ouverture des diaclives.

Cette ouverture même des fissures de retrait suppose évidemment, à un degré quelconque, une diminution dans l'hydration de l'étoffe; par conséquent, l'époque qui a suivi ce phénomène a dû offrir un état pélomorphique des roches moins fluide que celle qui l'a précédée. Aussi les esquilles de thlasmes, qui se sont soutenues, en ne fléchissant tout au plus que légèrement sous leur propre poids à l'extrémité, indiquent-elles déjà une compacité plus grande que celle que suppose le mécanisme des diapérasmes.

Plus tard, les tripses diaclivaires cannelés et les esquilles syncollémiques sans diapérasmes, puis les minces et tranchantes crêtes des xécollèmes, si souvent maintenues perpendiculaires aux parois, indiquent un état d'hydration analogue à celui des thlasmes ou peut-être un peu moindre, et ce, à l'époque des oscillations.

Après cela, si l'on compare attentivement les tripses diaclivaires de cette dernière époque, avec des tripses épiclivaires ou des tripses de grande faille non diaclivaire de

l'époque des dislocations orographiques, on trouvera entre eux une différence notable. C'est que rarement les premiers arrivent jusqu'au poli lisse, luisant et miroitant, tandis que les seconds le présentent fréquemment. Dans les tripses diaclivaires, les dendrites manganésiques qui affleurent sont demeurées d'aspect mat et terreux, pendant que dans les épiclivaires elles ont acquis l'éclat métallique par l'intensité du frottement. Bien que, dans cette comparaison, il faille tenir compte de la plus grande compression des masses dans le cas épiclivaire et dans celui des failles de grande échelle, cependant il n'est pas moins certain que si, à l'époque des grandes dislocations, l'hydration eût encore été celle qui a permis la naissance, non seulement des diapérasmes, mais des xécollèmes diaclivaires, le poli ou cannelé miroitant n'aurait point été si fréquemment atteint, car, bien que d'aspect plastique, il suppose déjà une assez notable capacité de résistance, confirmée, du reste, par le défaut d'aptitude générale à la compressibilité habituelle et par le non déjettement diaclivaire durant les dislocations.

Enfin, si l'on envisage l'aptitude qu'ont eu les galets pélomorphiques (§32) à prendre des formes roulées et des cassures par insuffisance de capacité de ploiement, on reconnaîtra qu'à l'époque de leur développement l'étoffe qui les compose devait posséder un degré d'anhydration et de solidité, qui n'aurait point permis la naissance des reliefs plastiques délicats exigeant le plus de fluidité, bien qu'elle ait pu percevoir encore des compressions, des contusions et des cannelures.

Bref, il résulte de tout ceci que les faits de plasticité eux-mêmes indiquent assez clairement une décroissance de l'état d'hydration, qui peut ainsi se diviser en quatre époques : — 1º Celle qui est comprise entre la sédimentation et l'ouverture des diaclives. — 2º De l'ouverture des diaclives aux oscillations séismiques. — 3º Des oscillations séismiques aux grandes dislocations. — 4º Des grandes dislocations à la solidification actuelle, en passant par l'exondation, époque qui pourrait peut-être se diviser en deux autres.

§ 67. *Diversités de pélomorphisme dans les roches de même aptitude, au même moment et dans la même verticale, selon leur ancienneté ; pélomorphisme moyen.*

Si l'on envisage la série totale des terrains en un même instant donné et à aptitudes pélomorphiques égales, on conçoit, par ce qui précède, que l'anhydration pouvait

être plus avancée dans des étages inférieurs déjà divisés par le retrait que dans des supérieurs non encore diaclivés. Cependant, puisque à l'époque des oscillations, qui ont laissé leurs traces finales, celles-ci ont, par régions, agi de la même manière sur toute la série, et puisque, en outre, plus tard, il en a encore été de même à l'égard de ploiements de grande échelle, etc., il en résulte, qu'en général, il régnait, à partir de la première de ces deux dates, du bas en haut de la série et excepté peut-être dans les terrains les plus récents, un degré de *pélomorphisme*, qu'on pouvait qualifier de *moyen*, tel qu'il a partout permis des faits de plasticité à peu près pareils. Aussi avons-nous déjà fait remarquer (§ 32), à propos des galets de nagelfluh jurassique d'une même station, que les faits de plasticité qu'ils accusent sont sous la dépendance de l'aptitude pélomorphique des variétés de roche et non sous celle de l'ancienneté relative de celle-ci, lorsque les aptitudes sont les mêmes. Ce degré de pélomorphisme moyen a probablement dépendu de cela, que l'anhydration n'a pu dépasser un certain maximum, qui s'est successivement équilibré de proche en proche dans la série verticale, avant les grands faits d'oscillation et de dislocation. Cependant, malgré cette généralité, qui est démontrée par les faits de grande échelle, il n'en est pas moins fort probable qu'en moyenne aussi les faits de pélomorphisme, *se rapportant aux deux dates précitées*, sont moins accusées dans les étages anciens que dans les récents, par exemple, moins dans le conchylien que dans le corallien. Ces observations de détail nous manquent encore, et nous les recommandons aux géologues jurassiens.

§ 68. *Diversité du pélomorphisme dans le même moment et la même verticale, selon l'aptitude des roches.*

Nous ne ferons ici que rappeler ce que nous avons déjà dit (§ 11), c'est que, toutes choses égales, quant au moment donné et à l'ancienneté des roches, les aptitudes pélomorphiques ont apporté des modifications notables à tous les résultats de plasticité. Nous renvoyons, du reste, à l'énumération de l'article précité, et nous ne consignons ici cette répétition que pour rendre attentif qu'encore à cet égard il sera utile de recueillir plus de données comparatives.

§ 69. *Diversités possibles de pélomorphisme, toutes choses égales, selon les parties du Jura.*

Enfin, il peut se faire que, par suite de circonstances à nous inconnues, tout ce que nous avons dit dans ce chapitre et qui convient particulièrement au Jura central, éprouve des modifications en plus ou en moins dans d'autres parties de la chaîne. Cependant nous n'avons aucune raison de le penser. Au contraire, la présence des grands faits de ploiement jusqu'aux extrémités orientales et méridionales de la chaîne, jusqu'aux voûtes conchyliennes d'une part et aux néocomiennes de l'autre, nous fait croire que les différences pélomorphiques, s'il y en a, sont de peu d'importance. Peut-être, en certains districts, la prédominance des cassures de grande échelle indique-t-elle quelque réserve à faire! Néanmoins, il est infiniment probable que ce qui pourra être observé de contrastant à cet égard entre les diverses parties de nos montagnes, ne troublera en rien les généralités exposées.

§ 70. *Conséquences de la non admission des conclusions générales de ce chapitre.*

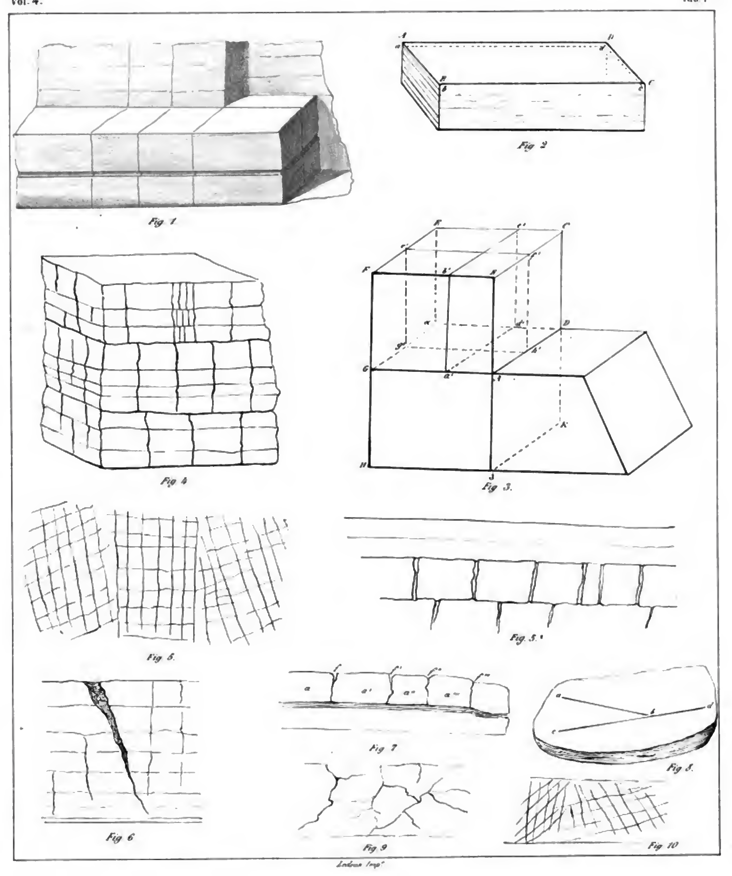
Si, malgré nos efforts, si, malgré la multiplicité des faits exposés dans ce chapitre, nous n'étions pas parvenus à porter la conviction dans l'esprit du lecteur relativement à sa conséquence principale, savoir : *la persistance non interrompue d'un certain degré de pélomorphisme à l'époque des grandes dislocations qui ont donné naissance à la chaîne du Jura*, qu'en arriverait-il? Il arriverait :

1° Que l'on aurait à fournir une autre interprétation à tous les faits de pélomorphisme qu'accusent les structures à l'époque des dislocations, et en tant que ramené dans les massifs jurassiques après une période quelconque de lithomorphisme.

2° Qu'en cas où cette interprétation ne serait pas trouvée, on se priverait d'une vive lumière en tout ce qui concerne les faits d'orographie jurassique.

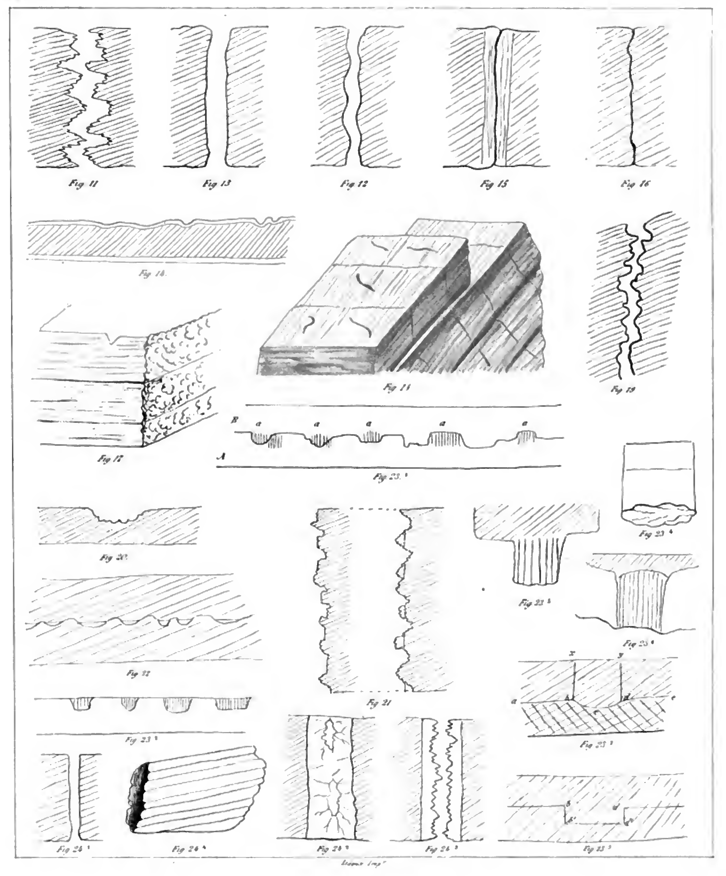
3° Mais que, néanmoins, les lois de structure orographique que nous établirons plus tard ne seraient compromises en rien, vu qu'elles sortent d'une classification de faits indépendants de l'adoption de telle ou telle opinion relativement au pélomorphisme et à sa durée.

Cela est tellement vrai que, pour nous-mêmes, la connaissance de ces lois a de beaucoup précédé celle des faits de pélomorphisme, traités dans ce chapitre.

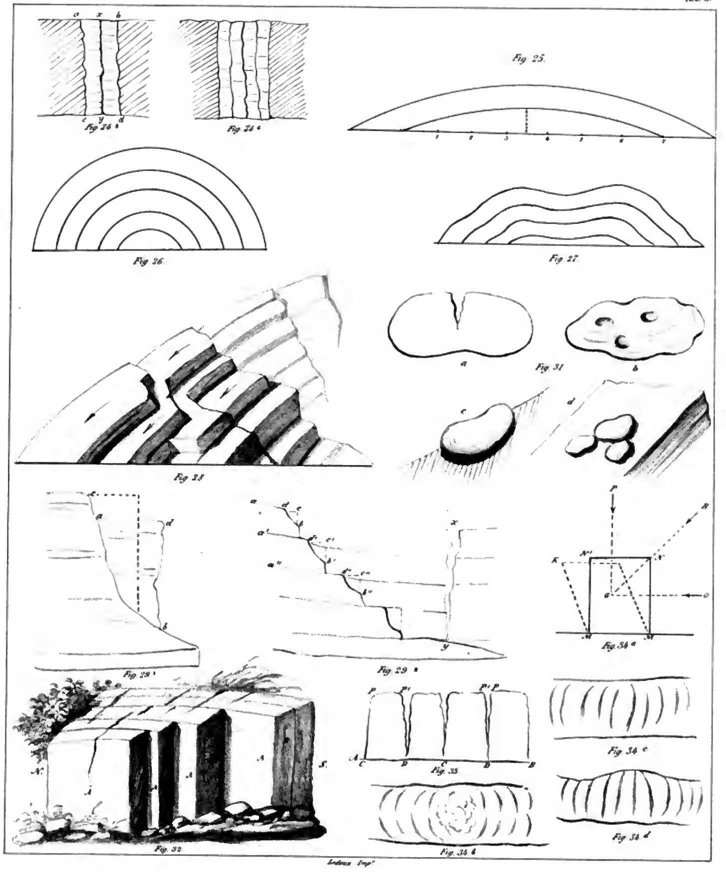


Lederer Imp.

Thurmann. Orographie

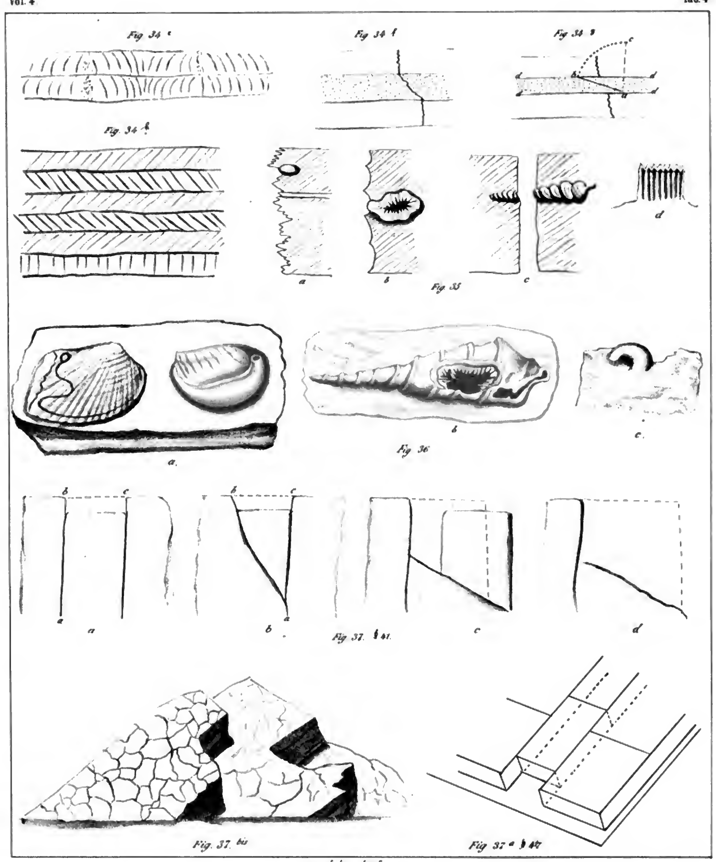


Thurmann. Orographie.



Lederer Impr

Thurmann. Orographie.



Ledoux, Impr.

Thurmann. Orographie.